

Departement für Kleintiere, Klinik für Zoo-, Heim- und Wildtiere
der Vetsuisse-Fakultät Universität Zürich

Direktor: Prof. Dr. Jean-Michel Hatt

Arbeit unter Leitung von PD Dr. Marcus Clauss

**Untersuchung zur Wasser- und Futteraufnahme beim Zwergkaninchen unter
verschiedenen praxisrelevanten Fütterungs- und Tränkeregimes**

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde der
Vetsuisse-Fakultät Universität Zürich

vorgelegt von

Anja Tschudin

Tierärztin
von Sumiswald BE

genehmigt auf Antrag von

Prof. Dr. Jean-Michel Hatt, Referent

Prof. Dr. Richard Hoop, Korreferent

Zürich 2010

meinen Eltern und meinen Grosseltern gewidmet

Abkürzungsverzeichnis

°C	Grad Celsius
μmol	Mikromol
ρ	Spearman Correlation Koeffizient
ADF	saure Detergenzfaser
ADH	antidiuretisches Hormon
ADL	saures Detergenzlignin
ANP	atriales natriuretisches Peptid
Aqua dem.	demineralisiertes Wasser
Ca	Calcium
ca.	zirka
CI	Vertrauensintervall
Cl	Chlorid
cm	Zentimeter
d	Tag
DE	verdauliche Energie
dl	Deziliter
EDTA	Ethylendiamintetraessigsäure
<i>et al.</i>	und andere
ev.	eventuell
g	Gramm
g.	Gravitationsfeldstärke (9.81m/s ²)
G	Gauge
h	Stunde
HRP	Healthy Rabbit Pro
i.p.	intraperitoneal
i.v.	intravenös
J.	Jahre
K	Kalium
kg	Kilogramm
KG	Körpergewicht
kJ	Kilojoule
Kö	Körnerfutter
l	Liter

M	molar
max.	maximal
mEq	Milliäquivalent
Mg	Magnesium
mg	Milligramm
min.	minimal
mind.	mindestens
MJ	Megajoule
ml	Milliliter
mm	Millimeter
mmol	Millimol
mOsmol	Milliosmol
Mt.	Monate
n	Anzahl
Na	Natrium
NaCl	Natriumchlorid = Kochsalz
NDF	neutrale Detergenzfaser
oA	ohne Angabe
P	Phosphor
Pet	Petersilie
Pell	Laborpellets
p.o.	per os
ppm	parts per million
Rfa	Rohfaser
RM ANOVA	repeated measures analysis of variance
Rp	Rohprotein
rpm	rounds per minute
S.	Seite
s.c.	subkutan
s.o.	siehe oben
S.D.	Standardabweichung
TS	Trockensubstanz
u.a.	unter anderem
uS	ursprüngliche Substanz
vgl.	vergleiche

Definitionen

Tränkewasseraufnahme	Wasseraufnahme aus der Tränke
Futterwasseraufnahme	Wasseraufnahme aus dem Futter (entspricht Rohwassergehalt)
Gesamtwasseraufnahme	Summe aus Tränkewasser- und Futterwasseraufnahme ohne Berücksichtigung des metabolischen Wassers

Fütterungsregimes: Prozentangaben beziehen sich auf die geschätzte verdauliche Energie;
Berechnungen nach Kamphues *et al.* (2009).

Heu	Heu <i>ad libitum</i>
HRP90	90% Healthy Rabbit Pro, Heu <i>ad libitum</i>
Pell90	90% Laborpellets, Heu <i>ad libitum</i>
Kö90	90% Körnermischung, Heu <i>ad libitum</i>
Kö50	50% Körnermischung, Heu <i>ad libitum</i>
Kö70Pet20	70% Körnermischung, 20% frische Petersilie, Heu <i>ad libitum</i>
KöPet45	45% Körnermischung, 45% frische Petersilie, Heu <i>ad libitum</i>
KöPet33	33% Körnermischung, 33% frische Petersilie, Heu <i>ad libitum</i>
Pet50	50% frische Petersilie, Heu <i>ad libitum</i>
Pet90	90% frische Petersilie, Heu <i>ad libitum</i>

Inhaltsverzeichnis

1 Zusammenfassung	11
2 Summary	12
3 Einleitung.....	13
4 Literaturübersicht	15
4.1 Zwergkaninchen.....	15
4.2 Wasserhaushalt.....	16
4.2.1 Allgemeines	16
4.2.2 Durst, Trinken und deren Regulation	16
4.2.3 Wasserzufuhr	18
4.2.4 Wasserverluste.....	18
4.2.5 Wasseraufnahme	21
4.2.6 Wasserbedarf	33
4.2.7 Wasserrestriktion	36
4.2.8 Tränkesysteme	44
4.2.9 Wasserqualität	46
4.2.10 Empfehlungen und Gesetze	47
5 Tiere, Material und Methoden	49
5.1 Versuchsanordnung	49
5.2 Versuchstiere	51
5.3 Haltung.....	52
5.3.1 Gehege	53
5.3.2 Fütterung.....	55
5.3.3 Tränke.....	56
5.3.4 Reinigung.....	57
5.4 Überwachung der Versuchstiere	58
5.4.1 Vorgehen	58
5.4.2 Vorkommnisse.....	58
5.5 Probenentnahme und Aufbereitung	59
5.5.1 Futter	59
5.5.2 Kot	59
5.5.3 Urin	60
5.5.4 Wasser	60
5.5.5 Blut	60
5.6 Analytik	60
5.6.1 Futteranalyse:.....	61
5.6.2 Kotanalyse	63
5.6.3 Urinanalyse.....	63
5.6.4 Wasseranalyse.....	63
5.6.5 Blutanalyse	63
5.7 Datenerhebung und Statistik.....	64

6 Resultate	65
6.1 Beobachtungen während des Versuchs	65
6.1.1 Haltung	65
6.1.2 Verhalten	65
6.1.3 Gewichtsentwicklung	66
6.1.4 Gesundheitszustand	66
6.1.5 Futteraufnahme	66
6.1.6 Wasseraufnahme	67
6.1.7 Kot	69
6.2 Wahlversuch	69
6.3 Verschiedene Fütterungen bei ad libitum Wasserangebot.....	70
6.3.1 Futteraufnahme	72
6.3.2 Wasseraufnahme	73
6.3.3 Hartkot.....	77
6.3.4 Urin	78
6.3.5 Blutwerte	82
6.4 Wasserrestriktionsversuche	83
6.4.1 Futteraufnahme	83
6.4.2 Wasseraufnahme	84
6.4.3 Hartkot.....	85
6.4.4 Urin	86
6.4.5 Blutwerte	87
7 Diskussion.....	88
7.1 Kritik der Methode.....	88
7.1.1 Versuchsanordnung	88
7.1.2 Versuchstiere.....	88
7.1.3 Haltung	89
7.1.4 Fütterung.....	89
7.1.5 Gewichtsentwicklung	90
7.1.6 Gesundheitszustand	90
7.1.7 Probensammlung und Analyse.....	90
7.1.8 Statistik.....	91
7.2 Beobachtungen während des Versuchs	92
7.2.1 Verhalten	92
7.2.2 Futteraufnahme	92
7.2.3 Wasseraufnahme	93
7.3 Wahlversuch	93
7.4 Verschiedene Fütterungen bei ad libitum Wasserangebot.....	94
7.5 Wasserrestriktion.....	99
8 Schlussfolgerungen	102
9 Literaturverzeichnis.....	103
10 Tabellenanhang.....	109
10.1 Futteranalyse	109
11 Abbildungsanhang	110
12 Danksagung	117

1 Zusammenfassung

Kaninchen (*Oryctolagus cuniculus*) werden häufig als Patienten mit Urolithiasis/Zystitis vorgestellt. Eine hohe Wasseraufnahme und -ausscheidung werden dabei als wichtige Prophylaxefaktoren betrachtet. Zur Untersuchung der Wasseraufnahme wurden 12 Kaninchen verschiedenen praxisrelevanten Fütterungs- und Tränkeregimes unterzogen. Wasser stand über eine Offen- und/oder eine Nippeltränke zur Verfügung. Während je zwei Versuchsphasen war der Wasserzugang auf 6 h bzw. 12 h limitiert; ansonsten stand Wasser zur freien Verfügung.

Im Wahlversuch wurde die Offentränke bevorzugt. Unter Wasserrestriktion nahmen die Kaninchen bei Offentränke 20% mehr Wasser auf als bei Angebot über die Nippeltränke; bei *ad libitum* Wasserzugang ergab sich kein Unterschied. Ein Petersilienanteil von mind. 50% und Heu *ad libitum* steigerten die Gesamtwasseraufnahme und -ausscheidung auf das Doppelte und führten zu weniger konzentriertem Urin. Diese Fütterung kann zur Harnsteinprophylaxe empfohlen werden.

Wasserrestriktion um 12 h verringerte die Wasser- (-11%) und Futteraufnahme (-7%), liess die Urinkonzentration ansteigen (+25%) und den Kot trockener werden (+11%). Sowohl aus tierschützerischen als auch aus physiologischen Gründen wird daher ein begrenzter Wasserzugang abgelehnt.

Um eine optimale Versorgung mit Wasser zu gewährleisten, empfehlen wir aufgrund der Resultate eine Fütterung mit einem hohen Frischfutteranteil sowie Heu *ad libitum* mit Trinkwasser zur freien Verfügung, angeboten in einer Offentränke.

2 Summary

Rabbits (*Oryctolagus cuniculus*) are often presented suffering from urolithiasis/cystitis. In the prophylaxis of uroliths a high water intake and output is regarded to be beneficial. With respect to an improvement of water intake a study was performed using 12 rabbits. The animals were subjected to different feed and water regimes with practical relevance. Water was provided by an open dish and/or by a nipple drinker. During some trial periods water access was restricted to 6 h or 12 h; during the remaining trial periods water was accessible *ad libitum*.

In the preference trial open dishes were preferred. With restricted water access rabbits exhibited a 20% higher water intake when open dishes were offered compared to nipple drinkers; there was no such difference when water was accessible *ad libitum*. At least 50% parsley and hay *ad libitum* in the feeding doubled total water intake and output and led to less concentrated urine. This feeding can therefore be recommended for urolith prophylaxis. Water restriction to 12 h decreased water (-11%) and food intake (-7%), and increased the dry matter content of urine (+25%) and faeces (+11%). For both animal welfare and physiological reasons, limited water access is therefore rejected.

To reach an optimal water provision we recommend feeding with a high proportion of fresh food as well as additional hay *ad libitum*, with free water access, offered in an open dish.

3 Einleitung

Kaninchen (*Oryctolagus cuniculus*) sind häufig gehaltene Haustiere und machen an der Klinik für Zoo-, Heim- und Wildtiere der Vetsuisse-Fakultät Universität Zürich einen grossen Teil der Patienten aus (Langenecker *et al.* 2009). Zu den am häufigsten gesehenen Erkrankungen beim Kaninchen gehören Harnwegsinfektionen und Harnsteine (Fehr 1999; Langenecker *et al.* 2009). Zur Prophylaxe dieser Krankheiten gehört eine hohe Wasseraufnahme, um häufige Miktion und wenig konzentrierten Urin auszulösen (Borghi *et al.* 1996; Fritz 2009; Grauer 2009). Urolithiasis wird beim Kaninchen als multifaktorielle Erkrankung angesehen; man nimmt aber an, dass an der Ätiologie von Urolithiasis auch ein hoher Ca-Gehalt der Ration mitbeteiligt ist (Kamphues 1991; Kamphues 1999). Allerdings konnten auch durch sehr hohe Ca-Gehalte im Futter bei wachsenden Kaninchen keine Harnsteine oder makroskopischen Verkalkungen ausgelöst werden, woraus geschlossen wurde, dass die freie Wasseraufnahme und die Tatsache, dass die Tiere im Wachstum waren, die Bildung von Harnsteinen verhindert hatte (Burger 2009).

Die Wasseraufnahme ist beim Kaninchen vergleichsweise hoch (Cizek 1961) und hängt sowohl von individuellen (Alter, Rasse, Leistung) als auch von Umgebungs- (Lufttemperatur, Haltung) und Fütterungsfaktoren (TS-Aufnahme, Futterzusammensetzung) ab (Cizek 1961; Jin *et al.* 1990; Kamphues 2000; Marai *et al.* 2005; Wolf *et al.* 2008 u.a.). Speziell bei Angebot von Saftfutter kann es vorkommen, dass einzelne Tiere sehr wenig trinken (Schwabe 1995), was die Frage aufgeworfen hat, ob Kaninchen bei Frischfutterangebot Wasser überhaupt benötigen (Scheelje *et al.* 1975; Cheeke 1987). Dies ist insbesondere in der Schweizer Tierschutzgesetzgebung von Interesse, da für Kaninchen kein ständiger Wasserzugang vorgeschrieben ist (Tierschutz-Kontrollhandbuch 2008).

Es wird vermutet, dass auch die Art der Tränke die Wasseraufnahme beeinflusst (Pond *et al.* 2005). In einem Wahlversuch verbrachten junge Kaninchen anfänglich mehr Zeit an einer Offentränke, mit steigendem Alter bevorzugten sie eher die Nippeltränke. Inwieweit sich die aufgenommene Wassermenge unterschied, wurde allerdings nicht untersucht (Drescher und Hanisch 1995).

Ziel dieser Studie ist es, mehrere Fragen bezüglich Wasseraufnahme von Zwergkaninchen zu klären, um Empfehlungen, insbesondere hinsichtlich Harnsteinprophylaxe, abgeben zu können. Der Einfluss der Tränke soll untersucht werden: Einerseits soll die Präferenz der

Tiere bei einer Wahl zwischen einer Offen- und einer Nippeltränke bezüglich aufgenommener Wassermenge bestimmt werden, andererseits soll gemessen werden, ob das Angebot der einen oder der anderen Tränke die Wasseraufnahme bei gleicher Fütterung beeinflusst. Des Weiteren wollen wir herausfinden, wie sich verschiedene, möglichst praxisnahe Fütterungen auf die Wasseraufnahme auswirken und mit welcher Fütterung die höchste Gesamtwasseraufnahme realisiert werden kann. Hinsichtlich Harnsteinprophylaxe ist nicht nur die Aufnahme, sondern besonders die Ausscheidung von Wasser über den Urin von Interesse und wird daher in die Untersuchung miteinbezogen.

Ein weiterer zu untersuchender Aspekt dieser Studie stellt ein restriktives Wasserangebot dar. Es soll untersucht werden, inwieweit die Anpassungsfähigkeit der Kaninchen bei einem praxisrelevanten Wasserentzug strapaziert wird.

Aufgrund der Ergebnisse sollen entsprechende Empfehlungen bezüglich des Wasserangebots in der Kaninchenhaltung gemacht werden. Besonderes Augenmerk liegt auf den Aspekten des Tränketyps, der Wasserverfügbarkeit und der Gesamtwasseraufnahme bei verschiedenen praxisrelevanten Fütterungen.

4 Literaturübersicht

4.1 Zwergkaninchen

Zwergkaninchen (*Oryctolagus cuniculus*) bilden eine Kategorie der Hauskaninchen (bis 2.3kg; Tierschutz-Kontrollhandbuch 2008), die vom Europäischen Wildkaninchen (*Oryctolagus cuniculus*) abstammen und in die Ordnung der Lagomorpha gehören (Schall 2008). Sie werden häufig als Heimtiere, aber auch zu Zucht- und Ausstellungszwecken gehalten.

Wichtige Punkte in der Haltung von Kaninchen sind:

- Innen- oder Aussenhaltung, möglichst mit Freilauf (Quesenberry und Carpenter 2004); genügend Raum, um die natürlichen Verhaltensweisen ausüben zu können (van Zutphen *et al.* 1995). Kälte wird nach Angewöhnen wesentlich besser toleriert als Hitze (Quesenberry und Carpenter 2004), ideal sind 16-21 °C (Harkness und Wagner 1995).
- Gruppenhaltung, wenn immer möglich (van Zutphen *et al.* 1995; Lowe 1998; Morgenegg 2000; Schall 2008). Teilweise wird wegen Aggression Einzelhaltung empfohlen (Harkness und Wagner 1995).
- Artgerechte Fütterung (Lowe 1998)
- Ausreichendes Flüssigkeitsangebot (Morgenegg 2000; Ewringmann 2005; Wolf *et al.* 2008)
- Geeignetes Nagematerial (Morgenegg 2000) und eine anregend gestaltete Umgebung (Hoy 2008)
- Regelmässige Gesundheitskontrollen (Morgenegg 2000)

Kaninchen werden zunehmend als tierärztliche Patienten vorgestellt. Von 1994 bis 2003 stieg der Anteil der Kaninchen auf rund 40% der Säugetierpatienten der Klinik für Zoo-, Heim- und Wildtiere in Zürich an und bildete damit den höchsten Anteil (Langenecker 2009). Als häufigste Krankheiten wurden in der Dissertation von Langenecker Zahnanomalien, Enzephalitozoonose, Traumata, Abszesse, Augenerkrankungen, Neoplasien, Frakturen, Zystitis/Urolithiasis und Kaninchenschnupfen genannt.

Unsachgemässe Haltung, Pflege und Ernährung sind die Hauptursachen der meisten Krankheiten und Verhaltensstörungen bei Kaninchen (Morgenegg 2000). Vor allem unausgewogen zusammengestelltes Futter, die Art der Verabreichung oder die Selektion bestimmter Bestandteile von Mischfuttern durch die Kaninchen können zu Gesundheitsproblemen führen (Lowe 1998). Auch mangelndes Wasserangebot kann gesundheitliche Konsequenzen haben (Ewringmann 2005).

4.2 Wasserhaushalt

4.2.1 Allgemeines

Wasser hat viele Eigenschaften, die für Lebewesen wichtig sind (Cheeke 1987) und wird von Lowe (1998) als der vielleicht am häufigsten missachtete Nährstoff angesehen. Funktionen des Wassers sind:

- Hauptkomponente im Körperstoffwechsel (Pond *et al.* 2005):
 - Reaktionspartner in Hydrolyse und Oxidation (Pond *et al.* 2005)
 - Erleichterung metabolischer Reaktionen durch Ionisierung von chemischen Verbindungen (Cheeke 1987)
 - Lösungsmittel (Cheeke 1987; Pond *et al.* 2005)
 - Aufrechterhaltung des Turgors von Zellen und Geweben (Kamphues und Schulz 2002)
 - Beteiligung an Absorption, Exkretion, Speichel und Verdauungssäften (Kamphues und Schulz 2002)
 - Transport von Metaboliten (Igbokwe 1997)
 - Produktion und Aufrechterhaltung des Blutvolumens (Igbokwe 1997)
- Hauptfaktor in der Körpertemperaturkontrolle (Igbokwe 1997; Pond *et al.* 2005)

Wasser stellt die grösste Komponente des Körpers dar (Cheeke 1987). Beim Kaninchen beträgt der Wasseranteil im Körper 69% (ohne Einberechnung des Wassers im Inhalt des Gastrointestinaltraktes), variiert allerdings erheblich und wird über längere Zeit v.a. durch Alter und Fettgehalt des Körpers beeinflusst (Pond *et al.* 2005). Das Körperwasser befindet sich zum grössten Teil intrazellulär. Extrazelluläres Wasser findet sich in der interstitiellen Flüssigkeit, in Blutplasma, Lymphe, Synovia und Cerebrospinalflüssigkeit (Cheeke 1987; Pond *et al.* 2005). Ein weiterer Teil Wasser befindet sich in Gastrointestinal- und Harntrakt. Wasser gelangt über osmotischen und hydrostatischen Druckausgleich leicht durch die meisten Zellmembranen und vom einen Kompartiment ins andere (Pond *et al.* 2005).

4.2.2 Durst, Trinken und deren Regulation

Allgemein: Durst wird definiert als die Notwendigkeit oder den Wunsch zu trinken und führt dazu, dass die Wasseraufnahme erhöht wird (Antunes-Rodrigues *et al.* 2004). Wenn Futter und Wasser frei verfügbar sind, die klimatischen Bedingungen stabil und die Aktivitäten gleichbleibend, wird Durst vermutlich kaum je auftreten, da Trinken unter normalen Umständen weitgehend zukünftigen Wasserbedarf antizipiert und durch oropharyngeale Stimuli über Futter, Gewohnheiten und einen Tagesrhythmus gesteuert ist (Fitzsimons 1972).

Untersuchungen, die das Trinken betreffen, können verschiedenste Parameter beinhalten, z.B. die aufgenommene Wassermenge, die Zeitdauer des möglichen Tränkezugangs, die Trinkbereitschaft, die Muskelaktivität u.a. (Wayner 1974). Die aufgenommene Wassermenge alleine kann für die Untersuchung von grundlegenden physiologischen Prozessen nur begrenzt Informationen liefern (Wayner 1974).

Ursachen für Durst und Trinken: Situationen, in welchen Durst und Trinken vorkommen, können gemäss Fitzsimons' Übersichtsarbeit (1972) in zwei Hauptgruppen eingeteilt werden, die primäres und sekundäres Trinken genannt werden. Ersteres tritt bei einem relativen oder absoluten Mangel an Körperwasser in einem Flüssigkeitskompartiment des Körpers auf, so dass die Aufnahme von Wasser eine logische Folge davon ist. Beim sekundären Trinken scheint es keine innere Notwendigkeit für die Wasseraufnahme zu geben. Fitzsimons nennt folgende Gründe für primäres Trinken (Tabelle 1):

Tabelle 1. Ursachen und Konsequenzen von primärem Trinken; aus Fitzsimons (1972).

Ursachen	intrazelluläres Volumen	extrazelluläres Volumen	Osmolalität
Wasserentzug	↓	↓	0 oder ↑
hypertonische Lösungen osmotisch aktiver Substanzen	↓	↑	↑
Kaliummangel	↓	0	0
Blutung	0	↓	0
Natriummangel	0 oder ↑	↓	↓
Injektion hypertoner Kolloide	0	↓	0
Anstrengung	0	↓	0

↓ = sinkt, ↑ = steigt, 0 = gleichbleibend

Die verschiedenen Durststimuli verhalten sich additiv (Fitzsimons 1972). Gründe für sekundäres Trinken hingegen sind unter anderem: Aktivitätsrhythmus, Geschmack, trockenes Maul, gewohnheitsbedingte Abläufe, Unruhe oder Erregung, Medikamente sowie experimentell direkte chemische, elektrische, osmotische oder thermische Stimulation der Durstneuronen, oder pathologische Ursachen (Fitzsimons 1972).

Trinkverhalten: Trinkverhalten wird von physiologischen Stimuli und Stimuli aus der Umwelt, einschliesslich durch das zu konsumierende Objekt selbst, ausgelöst (Wayner 1974). Trinken geschieht oft gemeinsam mit dem Fressen (Fitzsimons 1972). Steht z.B. das Trinkgefäss an

einer prominenten Stelle nahe dem Futternapf, so wird die Wasseraufnahme erleichtert und wird eventuell zu Ungunsten anderer Verhaltensweisen sogar vermehrt ausgeführt als eine Art Stereotypie (Wayner 1974).

4.2.3 Wasserzufuhr

Wasserquellen sind: Trinkwasser, Wasser im oder auf dem Futter sowie metabolisches Wasser (Pond *et al.* 2005; Kamphues *et al.* 2009). Letzteres entsteht vorwiegend durch die Oxidation von organischen Komponenten (Pond *et al.* 2005). Wasser wird in den meisten Abschnitten des Gastrointestinaltrakts leicht absorbiert. Dabei sind osmotische Gradienten entscheidend. Einflüsse auf die Wasserabsorption im Darm haben: der osmotische Druck der Digesta, die Menge der Flüssigkeit, welche mit dem Futter eingenommen wurde, Gel bildende Polysaccharide, unverdauliche Fasern und Durchfälle verschiedenster Ursachen (Pond *et al.* 2005). Aus dem Gastrointestinaltrakt gelangt das Wasser in Blut und Lymphe und steht so dem Körper für die unterschiedlichen Funktionen zur Verfügung (Pond *et al.* 2005).

4.2.4 Wasserverluste

Im Gegensatz zur Wasseraufnahme, die intermittierend stattfindet, treten Wasserverluste kontinuierlich auf (Pond *et al.* 2005). Wasser wird reguliert über Urin und Faeces abgegeben, dazu über unsensible Verluste über die Lunge und die Haut (Igbokwe 1997; Pond *et al.* 2005).

Urin: Die Wasserabgabe über die Niere ist je nach Menge der harnpflichtigen Stoffe im Futter, je nach Alter der Tiere und allfälligen Erkrankungen unterschiedlich (Kamphues *et al.* 2009). Die Wasserverluste über den Harn unterliegen vielfältigen Einflüssen, v.a. aber der Wasseraufnahme, welche grosse tierartliche und altersbedingte Unterschiede aufweist und auch mit der Thermoregulation gekoppelt ist (Kamphues und Schulz 2002). Schwabe (1995) konnte in einer Untersuchung mit drei verschiedenen Bilanzen (Pelletfutter + Wasser *ad libitum*, Pelletfutter + Saftfutter + Wasser *ad libitum*, Pelletfutter + Saftfutter ohne Tränkwasser) bei Kaninchen eine lineare Beziehung zwischen der Gesamtwasseraufnahme und der Harnmenge mit der Gleichung: $y = -0.02 + 0.62x$; $r = 0.97$; $n = 15$ zeigen (Abbildung 1).

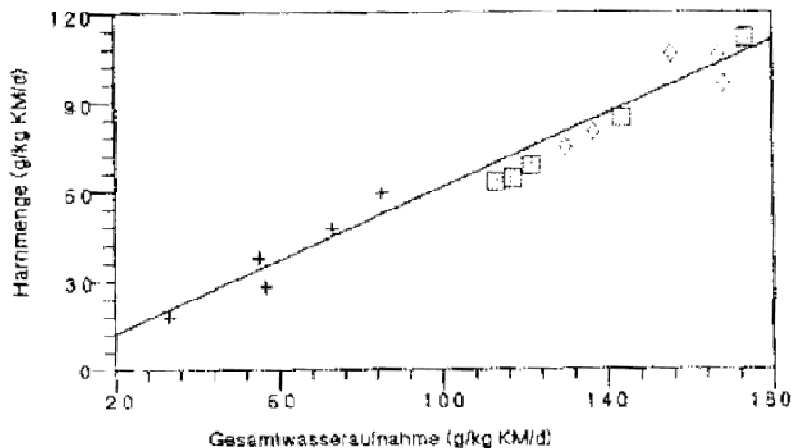


Abbildung 1. Harnmenge ($\text{g kg}^{-1} \text{d}^{-1}$) in Abhängigkeit der Wasseraufnahme bei Kaninchen. Symbole: +: Pellets plus Trinkwasser *ad libitum*, ◇: Pellets, Saftfutter plus Trinkwasser *ad libitum*, □: Pellets plus Saftfutter ohne Trinkwasser. Aus Schwabe (1995).

Kot: Wasserverluste über den Darm werden verstärkt bei Durchfall und bei hoher Futter- bzw. Kotmenge beobachtet (Kamphues *et al.* 2009). Die fäkalen Flüssigkeitsverluste hängen von Art und Menge des Futters ab. So beschreibt beispielsweise Kamphues in einer Übersicht über die Einflussgrößen auf den Wasserhaushalt von Nutz- und Heimtieren, dass Sulfate die fäkalen Wasserverluste forcieren (Kamphues 2000). Kamphues und Schulz (2002) sind der Meinung, dass die Wasserabgabe über den Kot je nach Rohfasermenge und -art, sowie je nach Verdaulichkeit des Futters und osmotisch wirksamen Futterinhaltsstoffen unterschiedlich sei; Kotmenge und die Bindung von Wasser an Faserstoffe werden hierfür verantwortlich gemacht. Bei Schwabe (1995) zeichnete sich bei steigendem Rohfasergehalt der Ration eine Verminderung der Kottrockensubstanz ab, bzw. eine Erhöhung des Kotwassergehalts. Auch nach Saftfutterverzehr kam es bei den Kaninchen zu einer tieferen Kottrockensubstanz. Im Allgemeinen lag der Anteil des Wassers, welches über den Kot ausgeschieden wurde, bei 1-2% der Gesamtwasserausscheidung (Schwabe 1995). Jin *et al.* (1990) hingegen finden, dass der Wassergehalt im Kot durch Futtermittel, welche sich im Rohfasergehalt unterscheiden, nicht beeinflusst wird; diese Autoren untersuchten dazu 6 weisse Neuseeländer Weibchen im Wachstum auf Wasser- und Energiehaushalt. Die Tiere waren in Stoffwechselkäfigen und erhielten einmal ein Futter mit hohem Fasergehalt (23.7% NDF) und eines mit geringerem Fasergehalt (16.5% NDF). Jede Fütterung wurde einmal bei 20 °C Umgebungstemperatur und einmal bei 30 °C durchgeführt. Folgende Daten waren Ergebnisse des Versuchs (Tabelle 2):

Tabelle 2. Effekte von Umgebungstemperatur und hohem (H) bzw. tiefem (L) Fasergehalt des Futters auf den Wasserhaushalt von Kaninchen; nach Jin *et al.* (1990).

Temperatur	Fasergehalt H/L	Futteraufnahme [g kg ⁻¹ KG]	Gesamtwasseraufnahme [g kg ⁻¹ KG]	Wasser- verluste über Kot [g kg ⁻¹ KG]	Gesamtwasser- serverluste [g kg ⁻¹ KG]	Tränke- wasser : Futteraufnahme
20 °C	H	44.0	91.5	6.3	76.6	1.56
	L	38.4	86.0	6.0	82.1	1.67
30 °C	H	33.3	88.1	3.6	76.4	2.22
	L	28.5	82.0	2.5	63.3	2.38

Die Temperatur hatte einen Einfluss auf den Wassergehalt im Kot; so war der Wasseranteil bei 20 °C fast doppelt so hoch wie bei 30 °C, was einerseits durch vermehrte Wasserretention bei Hitze, andererseits aber auch teilweise durch Verdunstung von Wasser aus dem Kot erklärt werden kann (Jin *et al.* 1990). Errechnet man den Anteil der Kotwasserverluste vom Gesamtwasserverlust aus der Studie von Jin *et al.*, so gelangt man zu Werten zwischen 3.9% und 8.2%, was deutlich höher ist als in der Studie von Schwabe (1995). Kamphues und Schulz (2002) denken, dass die Wasseraufnahme nur unter ganz extremen Bedingungen einen direkten Einfluss auf den Wassergehalt im Kot hat. Sie stützen sich dabei auf Studien, die beim Pferd und beim Schwein durchgeführt worden waren. Bei letzteren führte eine Wasserrestriktion um 50% zu keinem Anstieg der Kottrockensubstanz.

Lunge/Haut: Die unsensiblen Verluste hängen stark von der Umgebungstemperatur ab (Kamphues *et al.* 2009). Bei heissen Temperaturen entstehen grosse Verluste über die Respiration, was dazu führen kann, dass die Wasseraufnahme ungenügend ist (Cheeke 1987). Ausser an den Lippen besitzen die Kaninchen keine Schweißdrüsen. Sie hecheln stattdessen, aber eher ineffektiv, und wenn sie zu einem gewissen Grad dehydriert sind, hören sie damit auf (Quesenberry und Carpenter 2004). Allerdings können die Kaninchen relativ hohe Wasserverluste tolerieren (bis zu 48% des Körpergewichts), im Gegensatz zum Hund, der bei 11-14% einen Kreislaufkollaps erleidet (Quesenberry und Carpenter 2004). Jin *et al.* (1990) stellten fest, dass das Verdunstungswasser bei hohen Temperaturen (30 °C) auch mit der Fütterung zusammenhängt. Das Verdunstungswasser war tiefer bei einer Fütterung mit geringerem Rohfaseranteil als bei einer mit höherem Rohfaseranteil (Jin *et al.* 1990). Berechnet man allerdings den Anteil des Wassers am Gesamtwasserverlust, der durch Evaporation verloren geht, so hebt sich nur der erste Wert (49.4%) von den drei anderen ab (Tabelle 3).

Tabelle 3. Evaporative Wasserverluste [g kg⁻¹ KG] in Abhängigkeit von Temperatur und Fasergehalt des Futters (H=23.7% NDF, L=16.5% NDF); nach Jin *et al.* (1990).

Temperatur	Fasergehalt H/L	Verdunstungswasser g kg ⁻¹ KG	Anteil des Verdunstungswassers am Gesamtwasserverlust
20 °C	H	37.8	49.4%
	L	36.1	43.9%
30 °C	H	33.8	44.2%
	L	27.7	43.7%

4.2.5 Wasseraufnahme

Allgemein: In der Wasseraufnahme bestehen grosse Spezies- und Individuumunterschiede: Tiere, welche Wasser speichern können, brauchen weniger Wasser, solche, die an eine feuchte Umgebung angepasst sind, brauchen dagegen mehr; nervöse Tiere benötigen mehr durch erhöhte Aktivität, und junge Tiere brauchen mehr Wasser als alte (Pond *et al.* 2005). Kaninchen haben einen erstaunlich hohen Wasserumsatz. So zeigte Cizek (1961), dass ein 2 kg schweres Kaninchen gleichviel oder sogar mehr trinkt als ein 10 kg Beagle. Kaninchen trinken in vielen kleinen Portionen (13-19 mal pro Tag) (Prud'hon *et al.* 1972) und dies häufig parallel zur Futteraufnahme (Wayner 1974; Pond *et al.* 2005). Die Trinkaktivität findet mehrheitlich nachts statt (Denton *et al.* 1985). Da die Wasseraufnahme bei gleichbleibenden Haltungsbedingungen meist relativ konstant ist, können Veränderungen in der Menge der Wasseraufnahme von diagnostischem Wert sein in Bezug auf Abweichungen in der Futterzusammensetzung, Mängel in der Gehegegestaltung (z.B. eine Funktionsstörung der Tränke) und subklinisch verlaufende Infektionen (Kamphues 2000). Verschiedene Faktoren beeinflussen die Wasseraufnahme: Alter, Rasse, Körpergewicht, Leistung, Energieverbrauch, Umgebungstemperatur, Wärmeproduktion, Luftfeuchtigkeit, Haltungsbedingungen, Tränke, Salzgehalt des Wassers, Krankheiten, aber auch Futter-, bzw. Trockensubstanzaufnahme und Futterentzug.

Alter (Schwabe 1995; Pond *et al.* 2005; Tierschutz-Kontrollhandbuch 2008): Die Futter- und Wasseraufnahme nehmen beim Kaninchen mit steigendem Alter langsam ab, wobei die Wasseraufnahme rascher sinkt (Cizek 1961). Bei der Ratte hingegen steigt die Wasseraufnahme mit dem Alter (Cizek und Nocenti 1965), beim Hund bleibt sie gleich (Cizek 1959). In einem Versuch von Henaff und Perrier (1979) allerdings hatte das Alter keinen

Einfluss auf die Wasseraufnahme. Untersucht wurden dabei 7 Wochen alte Mischlingskaninchen bis zu einem Alter von 13 Wochen. Die Kaninchen tranken durchschnittlich $90 \text{ ml / kg KG}^{0.66}$ (Henaff und Perrier 1979).

Rasse (Eberhard 1980; Zumbrock 2002; Marai *et al.* 2005): Cizek (1961) führte seine Untersuchungen an Holländer Kaninchen durch, schreibt aber, dass mit anderen Rassen vergleichbare Resultate zu generellen Aspekten der Wasseraufnahme erreicht wurden. Er nennt schliesslich einige Beispiele der Wasseraufnahme bei verschiedenen Rassen: Belgischer Riese ($160.9 \text{ ml kg}^{-1} \text{ KG d}^{-1}$), Chinchilla Kaninchen ($80.4 \text{ ml kg}^{-1} \text{ KG d}^{-1}$), Polnisches Kaninchen ($97.5 \text{ ml kg}^{-1} \text{ KG d}^{-1}$). Allerdings findet Cizek, dass man solch zufällig gesammelte Daten nicht miteinander vergleichen könne, u.a. wegen des Altersfaktors.

Kalifornier Kaninchen tranken in einem Versuch von Marai *et al.* (2005) mit Hitze- und Salzbelastung mehr Wasser als Weisse Neuseeländer. Während die Weissen Neuseeländer unter subtropischen Bedingungen $303 \pm 6 \text{ g}$ Wasser pro Tier und Tag aufnahmen, waren dies bei den Kaliforniern $311 \pm 7 \text{ g}$; auf das Wasser:Futter-Verhältnis berechnet, ergeben das Werte von 3.4:1 bzw. 3.6:1 (Marai *et al.* 2005). In der Studie von Zumbrock (2002) wurden je 5 Zwergkaninchen, Weisse Neuseeländer und Deutsche Riesen miteinander in Hinsicht auf ernährungsphysiologische Parameter verglichen. Die Fütterung erfolgte über zwei verschiedene pelletierte Futtermittel (pelletiertes Alleinfutter und Grasgrünmehlpellets) und über ein Mischfutter auf der Basis nativer Komponenten, sowie zeitweise über Heu und über kräuterreiche Grünmehlpellets. Die Futteraufnahmedauer war bei den Zwergkaninchen im Allgemeinen am höchsten ($1.03 - 6.35 \text{ min g}^{-1} \text{ TS}$ gegenüber $0.63 - 2.84 \text{ min g}^{-1} \text{ TS}$ beim Deutschen Riesen und $0.74 - 4.46 \text{ min g}^{-1} \text{ TS}$ beim Neuseeländer), und die Zwergkaninchen nahmen im Vergleich zu Neuseeländern und Deutschen Riesen mehr Wasser pro Menge gefressene TS auf. Zwischen den Zwergkaninchen und den beiden grösseren Rassen ergaben sich signifikante Unterschiede bei den Fütterungen mit kräuterreichen Grünmehlpellets und mit Heu (Tabelle 4).

Tabelle 4. Durchschnittliche Wasseraufnahme (ml d⁻¹ oder ml g⁻¹ TS) bei restriktivem Angebot unterschiedlicher Futtermittel an verschiedene Kaninchenrassen (n = 5; in manchen Messungen auch n = 3 oder n = 4); aus Zumbrock (2002).

Futter	Deutsche Riesen		Neuseeländer		Zwergkaninchen	
	ml d ⁻¹	ml g ⁻¹ TS	ml d ⁻¹	ml g ⁻¹ TS	ml d ⁻¹	ml g ⁻¹ TS
Mischfutter nativ	224 ± 51.1	1.27 ± 0.22	149 ± 42.0	1.31 ± 0.17	108 ± 58.8	2.07 ± 0.81
pelletiertes Alleinfutter	474 ± 58.6	2.56 ± 0.36	205 ± 67.2	2.19 ± 0.74	191 ± 88.2	3.56 ± 1.35
Kräuterreiche Grün-mehlpellets	482 ± 110 ²⁾	2.72 ± 0.33 ²⁾	363 ± 71.2 ¹⁾	2.98 ± 0.51 ¹⁾	209 ± 96.9	3.97 ± 1.16
Grasgrün-mehlpellets	368 ± 146 ²⁾	2.70 ± 1.71 ²⁾	348 ± 198	2.70 ± 1.71	452 ± 283	7.49 ± 3.31
Heu	516 ± 267 ²⁾	5.77 ± 2.76 ²⁾	306 ± 144 ¹⁾	4.10 ± 1.64 ¹⁾	437 ± 144	9.90 ± 2.44

1) n = 4 2) n = 3

Als Ursache vermuten Zumbrock (2002) und Wolf *et al.* (2008), dass Zwergkaninchen wegen ihres kleineren Kopfschädels das Futter intensiver zermahlen müssen, um es abschlucken zu können. Weil die Futteraufnahme so länger dauert, nehmen die Zwergkaninchen parallel auch vergleichsweise mehr Wasser auf (Zumbrock 2002; Wolf *et al.* 2008). So konnte die Studie auch zeigen, dass bei den Zwergkaninchen im Allgemeinen der kleinste Anteil an groben Partikeln im Hartkot zu finden war. Zwergkaninchen spielten zudem vermehrt an der Trinkflasche, sodass der Wasserverbrauch (≠ Wasseraufnahme) höher war im Vergleich zu den Deutschen Riesen und Neuseeländern (Zumbrock 2002).

Körpergewicht (Zumbrock 2002; Bigler 2005): Schwerere Kaninchen trinken, absolut gemessen, mehr Wasser als leichtere Kaninchen. Allerdings wurde in keiner Studie die Wasseraufnahme pro kg metabolisches Körpergewicht berechnet.

Leistung, Energieverbrauch (Scheelje *et al.* 1975; Schwabe 1995; Pond *et al.* 2005; Tierschutz-Kontrollhandbuch 2008): v.a. bei Säugeleistung ist der Wasserbedarf erhöht (Scheelje *et al.* 1975).

Umgebungstemperatur, Wärmeproduktion (Scheelje *et al.* 1975; Prud'hon 1976; Eberhard 1980; Cheeke 1987; Jin *et al.* 1990; Harkness und Wagner 1995; Schwabe 1995; Cervera und Carmona 1998; Marai *et al.* 2005; Pond *et al.* 2005; Tierschutz-Kontrollhandbuch 2008): Die meisten der genannten Autoren sind der Meinung, dass die Wasseraufnahme bei höheren Temperaturen steigt. Allerdings fanden Jin *et al.* (1990) beispielsweise nur ein erhöhtes

Wasser:TS-Verhältnis ohne eine gesteigerte Trinkwasseraufnahme (vgl. Tabelle 2). Marai *et al.* (2005) zeigten, dass sich die Wasseraufnahme, einige Plasmametaboliten, Atemfrequenz und Körpertemperatur unter heißen Bedingungen veränderten. Bemerkenswert ist, dass sich das Wasser:Futter-Verhältnis bei heißen Temperaturen stark erhöhte – nicht nur, weil die Wasseraufnahme anstieg, sondern auch weil die Futteraufnahme zurückging (Tabelle 5).

Tabelle 5. Untersuchung des Einflusses von subtropischen Bedingungen auf verschiedene Parameter von insgesamt 180 Kaninchen (90 Kalifornierkaninchen und 90 Weisse Neuseeländer), Versuchsdauer zweimal 9 Wochen; nach Marai *et al.* (2005).

Parameter	milde Bedingungen (18.8 °C, 64.5% Luftfeuchtigkeit)	heiße Bedingungen (30.7 °C, 62.2% Luftfeuchtigkeit)
Futteraufnahme [g d ⁻¹]	101 ± 0.5	75 ± 0.8
Wasseraufnahme [g d ⁻¹]	285 ± 5	331 ± 6
Wasser:Futter Verhältnis	2.8	4.4
Gewichtszunahme [g d ⁻¹]	21.4 ± 0.2	16.1 ± 0.3
Atemfrequenz [Atemzüge min ⁻¹]	85 ± 0.8	134 ± 1.3
Rektaltemperatur [°C]	39.2 ± 0.02	40.4 ± 0.03
Ohrtemperatur [°C]	32.0 ± 0.11	37.3 ± 0.04
Körpergewicht vor der Schlachtung [g]	1795 ± 41	1564 ± 39

Ähnliches beschreibt Eberhard (1980): Auch in jener Untersuchung tranken die Kaninchen bei Hitze mehr und frassen weniger, was zu einem erhöhten Wasser:Futter-Verhältnis führte (Tabelle 6).

Tabelle 6. Futter- und Wasseraufnahme [g d⁻¹] beim Kaninchen in Abhängigkeit der Umgebungstemperatur, nach Eberhard (1980).

Umgebungstemperatur	5 °C	18 °C	30 °C
relative Luftfeuchtigkeit [%]	80	70	60
Futteraufnahme [Pellets] [g d ⁻¹]	182	158	123
Wasseraufnahme [g d ⁻¹]	328	271	386
Wasser:Futter	1.80	1.71	3.14
Gewichtszunahme [g d ⁻¹]	35.1	37.4	25.4

Quesenberry (2004) hingegen meint, ohne sich auf eine konkrete Studie zu beziehen, dass Hitze das Trinken bei Kaninchen eher inhibiere und die Tiere daher bei hohen Temperaturen unter Umständen zu wenig Wasser aufnehmen können. Prud'hon (1976) untersuchte die Futter- und Wasseraufnahme von neun geschlechtsreifen weiblichen Weissen Neuseeländern bei steigender Umgebungstemperatur. Die Kaninchen wurden während je

zwei Wochen bei drei verschiedenen Temperaturen in Stoffwechselkäfigen gehalten. Die Luftfeuchtigkeit wurde dabei nicht erfasst. Beim Übergang von 10 °C zu 20 °C gab es bei Prud'hon (1976) keine signifikanten Veränderungen in der Futter- und Wasseraufnahme, von 20 °C auf 30 °C hingegen schon: Die Wasseraufnahme sank um 12%, die Futteraufnahme um 35%, das Verhältnis von Wasser- zu Trockensubstanzaufnahme stieg aber, wie auch in der Studie von Marai *et al.* (2005) und Eberhard (1980) deutlich an (Tabelle 7).

Tabelle 7. Futter- und Wasseraufnahme [g d⁻¹] bei 10 °C, 20 °C und 30 °C; Messperioden à 2 Wochen, aus Prud'hon (1976).

Parameter	10 °C	20 °C	30 °C
Anzahl Mahlzeiten/d	37.4 ± 4.9	32.5 ± 4.7	27.0 ± 5.0
Trinkhäufigkeit/d	32.1 ± 7.8	26.2 ± 8.7	19.2 ± 5.9
Futteraufnahme [g d ⁻¹]	208 ± 24	182 ± 21	118 ± 23
Wasseraufnahme [g d ⁻¹]	359 ± 152	339 ± 178	298 ± 102
durchschnittliche Mahlzeitengrösse [g]	5.7 ± 0.9	5.7 ± 0.9	4.4 ± 0.8
durchschnittliche Wasseraufnahme pro Trinkakt [g]	11.4 ± 4.0	14.2 ± 3.4	16.2 ± 5.0
Wasser:TS	1.76 ± 0.58	2.02 ± 0.72	2.44 ± 0.86

Luftfeuchtigkeit: Pond *et al.* (2005) vermuten, dass die Luftfeuchtigkeit bei hohen Temperaturen ebenfalls eine Rolle spielt, ohne jedoch Daten dazu zu präsentieren.

Haltungsbedingungen (Wolf *et al.* 1999; Kamphues 2000; Kamphues und Schulz 2002; Ewringmann 2005; Tierschutz-Kontrollhandbuch 2008): Langeweile kann gemäss den genannten Autoren unter Umständen zu Polydipsie führen im Sinne einer Verhaltensstörung bzw. Ersatzhandlung. Speziell genannt sind, ohne sich auf eine bestimmte Studie zu beziehen, Einzelhaltung in kleinen Käfigen ohne Beschäftigung (Ewringmann 2005) und mangelnde Beschäftigungsmöglichkeiten in wenig attraktiver Umgebung (beispielsweise einstreulose Einzelhaltung und fehlendes Nagematerial) (Kamphues und Schulz 2002; Wolf *et al.* 2008), sowie Angebot relativ geringer Futtermengen mit hoher Energiedichte, wenig schmackhaften oder ungeeigneten Futters (Kamphues 2000). Schröder (2000) beobachtete eine höhere Wasseraufnahme/g TS bei geringerer Futteraufnahme. Als Erklärung dafür wird u.a. Langeweile vermutet.

Potter und Borkowski (1998) beschrieben vier Laborkaninchen, die im Gegensatz zu den Kontrolltieren stark erhöhte Wasseraufnahmen (ungefähr vierfach erhöht) und Urinausscheidungen zeigten. Mittels Blut- und Urinalysen, sowie Videoaufzeichnung des

Verhaltens während 24 h und 8 h Wasserentzugstest wurden die Tiere untersucht, um allfällige medizinische Ursachen für die Polyurie/Polydipsie zu finden. Bei den vier beschriebenen Kaninchen konnten diese ausgeschlossen werden, was zur Diagnose der offensichtlich psychogenen Polydipsie/Polyurie führte. Nach Gabe von Heu oder Spielzeugen verschwand bei allen vier Kaninchen die übermässige Wasseraufnahme (Potter und Borkowski 1998). Bei einzelnen Tieren kann also Langeweile durchaus zu übermässigem Trinken führen.

Reyne *et al.* (1979) untersuchten den Einfluss einer verkürzten Lichtperiode auf Futter- und Wasseraufnahme sowie auf das Aufnahmeverhalten. Während 5 Wochen hatten junge Kaninchen während 14 h Licht, anschliessend während 4 Wochen 8 h Licht pro Tag. In quantitativer Hinsicht hatte die Verkürzung der Lichtperiode keinen dauerhaften Einfluss, nur hinsichtlich der zeitlichen Verteilung der Aufnahme.

Tränke (Pond *et al.* 2005): Pond *et al.* (2005) vermuten, dass die Art und Verfügbarkeit der Tränke, aber auch die Sauberkeit die Wasseraufnahme beeinflussen. Hier ist anzumerken, dass die allermeisten Studien zur Wasseraufnahme mit Nippeltränken arbeiteten. Burger (2009) aber verwendete in ihrer Arbeit Offentränken (Selbsttränken für Geflügel aus Kunststoff). Die Kaninchen zeigten dabei vergleichsweise hohe absolute Wasseraufnahmen, in Relation zur aufgenommenen Trockensubstanz blieben die Werte allerdings in einem ähnlichen Bereich wie die Referenzwerte.

Salzgehalt des Wassers (Marai *et al.* 2005): Bei hohen Salzwerten (ab 3000 ppm) tranken die Kaninchen signifikant mehr. Ausserdem nahm das Wasser:Futter-Verhältnis zu und die Mastleistung sank (Tabelle 8). Die Autoren empfehlen deshalb, wenn immer möglich den Salzgehalt des Wassers bei maximal 2000 ppm NaCl zu halten.

Tabelle 8. Parameter bei 180 Kaninchen unter subtropischen Bedingungen bei steigendem Salzgehalt des Trinkwassers, gemessen bei 90 Kalifornier Kaninchen und bei 90 Weissen Neuseeländern, nach Marai *et al.* (2005).

Parameter	Leitungswasser	+ 2000 ppm NaCl	+ 3000 ppm NaCl	+ 4000 ppm NaCl	+ 5000 ppm NaCl
Gewichtszunahme [g d⁻¹]	20.5 ± 0.5	20.2 ± 0.6	18.7 ± 0.6	17.3 ± 0.6	17.1 ± 0.7
Wasseraufnahme [g d⁻¹]	270 ± 8	270 ± 7	316 ± 7	330 ± 7	364 ± 9
Wasser:Futter	3.0	3.1	3.5	3.8	4.1
Überlebensrate [%]	92	92	86	81	72
Gewicht vor der Schlachtung [g]	2849 ± 50	1839 ± 47	1731 ± 55	1660 ± 48	1613 ± 56

Krankheiten (Kamphues 2000; Kamphues und Schulz 2002; Ewringmann 2005): Gesundheitsstörungen können zu veränderter Wasseraufnahme führen (Kamphues und Schulz 2002). Klinisch können Durst und erhöhte Flüssigkeitsaufnahme als Antwort auf Dehydratation einen normalen Mechanismus darstellen. Sie können aber auch abnorm sein, sodass die Wasseraufnahme, ob offensichtlich exzessiv oder nicht, nicht mehr mit dem Bedarf übereinstimmt (Fitzsimons 1972). Gründe für symptomatisch erhöhte Wasseraufnahme sind: Diabetes mellitus, gewisse Formen der chronischen Niereninsuffizienz (Fitzsimons 1972; Ewringmann 2005), starkes Erbrechen, starker Durchfall, echter Diabetes insipidus, nephrogener Diabetes insipidus, Natrium- und Kaliummangel, sowie Hyperkalzämie (Fitzsimons 1972). Pathologischer Durst hingegen tritt auf, wenn der Körper normal- oder sogar schon überhydriert ist, z.B. bei primärer Polydipsie, bei gewissen Fällen von Diabetes insipidus, bei Stimulation des neuralen Durstsystems durch hohe Plasmenreninspiegel, direkte Stimulation von Zentren bei Hyperkalzämie oder Hypokaliämie und auch Trinken während des Beginns von Ödemen durch kongestive Herzinsuffizienz (Fitzsimons 1972). Um die beiden Formen voneinander abzugrenzen, muss man den Flüssigkeitshaushalt bzw. dessen Trend einschätzen, was normalerweise durch ein Missverhältnis zwischen Wasseraufnahme und Urinvolumen und Auftreten von Ödemen festgestellt werden kann (Fitzsimons 1972).

Futter- bzw. Trockensubstanzaufnahme (Cheeke 1987; Wolf *et al.* 1999; Pond *et al.* 2005): Da Wasser und Futter in mehr oder weniger typischen Relationen auftreten, kann aus der Kenntnis des Energiebedarfs bzw. der Trockensubstanzaufnahme eine quantitative Vorstellung von einer für die jeweilige Tierart typische Wasseraufnahme abgeleitet werden (Kamphues 2000). Die Relationen zwischen der Wasser- und der Trockensubstanzaufnahme

variieren von über 4:1 (z.B. bei Rindern, die mit rohfaserreichen Rationen gefüttert werden) bis zu nahe 1:1 (z.B. Hamster, welche mit energiereichen Saaten gefüttert werden). Diese Unterschiede könnten darauf zurückgeführt werden, dass nicht alle Tierarten gleich effiziente Spar- und Regulationsmechanismen im Wasserhaushalt besitzen, v.a. im Bereich der Harnkonzentrierung (Kamphues 2000) und der Wasserresorption im distalen Colon. Futter- und Wasseraufnahme korrelieren beim Kaninchen (Cizek 1961), zumindest bei gemässigten Temperaturen (Pond *et al.* 2005), (Abbildung 2).

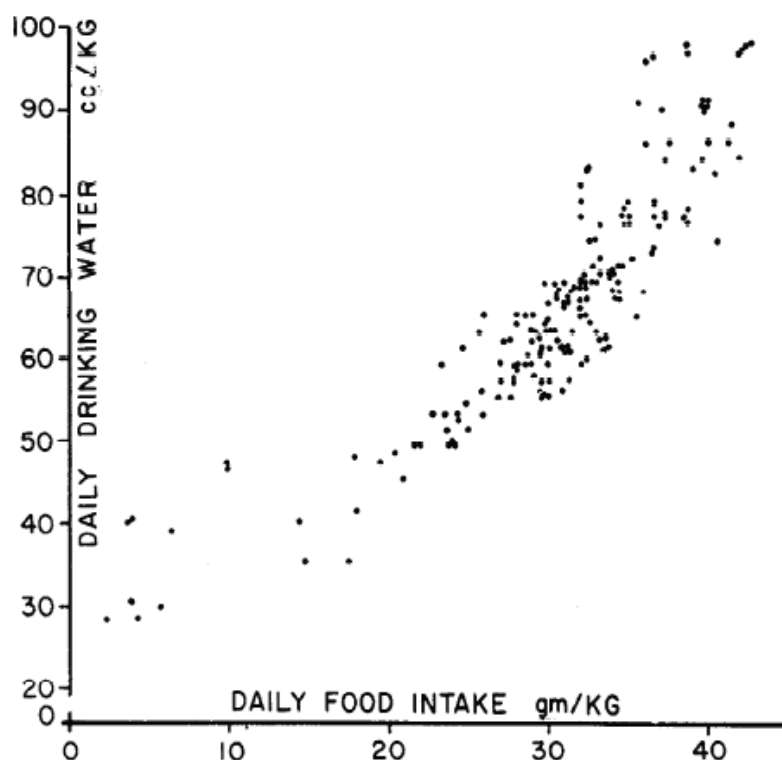


Abbildung 2. Quantitative Beziehung zwischen *ad libitum* Futteraufnahme und Flüssigkeitsaufnahme bei einem Kaninchen während einer 26 wöchigen Studienperiode, aus Cizek (1961).

Einflüsse, welche über die variierende Futteraufnahme den Wasserbedarf betreffen, werden indirekt mitberücksichtigt, wenn man mit Angaben in Relation von Wasserkonsum zu Trockensubstanzaufnahme arbeitet (Kamphues 2000).

Futterentzug (Cizek 1959; Cizek 1961; Cizek und Nocenti 1965; Kutscher 1969; Kamphues und Schulz 2002): Kaninchen neigen dazu, bei Futterentzug eine Polydipsie zu zeigen (Cizek 1961). Cizek (1961) untersuchte daraufhin die Gründe und vermutete einen Salzverlust als Ursache, da Kaninchen Salz nicht speichern können, was bei der normalerweise kontinuierlichen Futteraufnahme vielleicht auch nicht nötig ist. Bei Futterentzug und gleichzeitiger Salzzugabe über das Trinkwasser blieb die Polydipsie aus, was als Beweis

angesehen wird für die Theorie. Fehlt das Salz im Extrazellulärraum, verschiebt sich die Flüssigkeit in Richtung Intrazellulärraum. Durch den Volumenverlust des Extrazellulärraums steigert das Kaninchen die Wasseraufnahme, was aber zu einer weiteren Ausscheidung von Elektrolyten führt und damit einen Teufelskreis auslöst (Cizek 1961). In Versuchen mit Verabreichung von Kaliumchlorid konnte Cizek zeigen, dass das fehlende Natrium die Ursache der Polydipsie ist und nicht das Chlorid, wie Huang (1955) in seinen Salzdepletionsversuchen vermutete. Manche Kaninchen, nur weibliche, reagierten aber nicht mit Polydipsie auf den Futterentzug, was als atypischer Verlauf bezeichnet wurde (Cizek 1961). Nach Kastration zeigten diese Tiere alle den typischen Verlauf; bei männlichen Tieren hatte die Kastration keinen Einfluss auf den Verlauf. Cizek (1961) äussert die Vermutung, dass intakte, weibliche Tiere aufgrund des höheren Östrogens weniger anfällig seien für Salz-mangel – allerdings wird betont, dass dies nur eine Spekulation sei.

Am Ende der Trächtigkeit geht die Futteraufnahme bei Zibben stark zurück und kann sogar ganz eingestellt werden; die Wasseraufnahme sistiert aber nie (Gidenne und Lebas 2005). Ein Kaninchen kann bei totalem Futterentzug drei bis vier Wochen überleben, trinkt dann aber das Vier- bis Sechsfache der normalen Menge (Gidenne und Lebas 2005). Bei Rosengarten (2004) zeigten Zwergkaninchen während Hungerphasen allerdings keine erhöhte Wasseraufnahme (Fütterung ein- oder zweimal täglich über orogastrale Sonde).

Man untersuchte auch andere Tierarten auf das Phänomen der Polydipsie durch Futterentzug: Futterentzug führte bei Meerschweinchen zu Adipsie, bei Ratten zu reduziertem Trinken und bei Gerbils zu Polydipsie. Bei Hamstern traten sowohl Reduktion der Wasseraufnahme als auch leichtgradige Polydipsie auf (Kutscher 1969). Die Polydipsie der Gerbils und Hamster war nicht durch Salz-mangel verursacht; die Ursache blieb unbekannt (Kutscher 1969). Die Ratten tranken zwar weniger Wasser, hörten aber nicht ganz auf (Cizek und Nocenti 1965). Cizek und Nocenti (1965) schliessen daraus, dass die totale Wasseraufnahme zusammengesetzt ist aus einer Menge, welche mit dem Futter zusammenhängt und einer Menge, welche das Grundbedürfnis deckt, welches durch Wasserverluste zustande kommt. Dieselbe Beobachtung machte Cizek (1959) auch beim Hund. Kamphues und Schulz (2002) vermuten als Grund für eine bei verschiedenen Tierarten zu beobachtende forcierte Wasseraufnahme bei nicht ausreichender Sättigung (z.B. bei restriktivem Futterangebot oder mangelnder Schmackhaftigkeit des Futters) eine Kompensation des fehlenden Völlegefühls.

Futterzusammensetzung (Scheelje *et al.* 1975; Cheeke 1987; Harkness und Wagner 1995; Schwabe 1995; Wolf *et al.* 1999; Kamphues 2000; Ewringmann 2005): Bei faserreichem Futter trinken Kaninchen mehr als bei energiereichem Futter (Cheeke 1987; Harkness und Wagner 1995). Das Extrawasser wird vermutlich gebraucht, um das Futter zu befeuchten und um eine flüssige Mischung im Verdauungstrakt aufrecht zu erhalten; v.a. Futterzutaten wie Luzernemehl absorbieren viel Wasser (Cheeke 1987). Auch Fütterungen mit hohem Proteingehalt erhöhen den Wasserbedarf (Cheeke 1987; Harkness und Wagner 1995), denn das überschüssige Protein muss als Harnstoff über die Niere ausgeschieden werden (Cheeke 1987; Kamphues und Schulz 2002; Pond *et al.* 2005). Gezeigt wurde das an einem Versuch mit Mastschweinen von Pfeiffer und Henkel (1991), der von Kamphues und Schulz (2002) zitiert wird.

Auch andere harnpflichtige Substanzen beeinflussen auf diese Weise die Wasseraufnahme, beispielsweise Natrium und Kalium (Kamphues und Schulz 2002). Gewisse Salze erhöhen die Wasseraufnahme und -ausscheidung massiv; Natriumchlorid erhöht v.a. die Ausscheidung über den Urin, was bei ungenügendem Wasserangebot zur Gewebsdehydratation führen kann (Pond *et al.* 2005). Überschüssiges Calcium wird zwar beim Kaninchen ebenfalls renal ausgeschieden, ohne aber die renale Wasserabgabe dabei zu forcieren (Kamphues und Schulz 2002). Wolf *et al.* (1999) massen bei reiner Pelletfütterung eine hohe absolute Wasseraufnahme und vermuteten, dass dies nicht nur wegen der höheren Trockensubstanzaufnahme, sondern auch wegen des höheren Rohaschegehalts von mehr als 10% der Fall war.

Rosengarten (2004) untersuchte verschiedene Sondendiäten beim Zwergkaninchen. Den Tieren standen zusätzlich zu dem Wasser, welches sie über das Futter zu sich nahmen, Nippeltränken zur freien Verfügung. Bei allen Sondendiäten (Trockensubstanzgehalt von 236 g/kg uS bis 639 g/kg uS) nahmen die Tiere auch Wasser über die Tränke auf. Die höchste Wasseraufnahme fand bei der proteinreichsten Diät statt, die geringste bei der fettreichsten (Rosengarten 2004).

Wenger (1997) verwendete verschiedene Futtermittel in einem Fütterungsversuch an 6 jungen Zwergkaninchen. Die Wasseraufnahme aus Futter und Tränke zusammen pro Gramm TS war am höchsten bei Verfütterung von frischem Gras, gefolgt von Heu, pelletiertem Alleinfuttermittel, Alleinfuttermittel auf Basis natürlicher Komponenten und schlussendlich von brikettiertem Futter auf Basis von Heu und Getreide (siehe auch Tabelle 11 und 12). Die

Gesamtwasseraufnahme war allerdings am höchsten beim Heu (259 ml/kg KG). Erst an zweiter Stelle kam die Grasfütterung (174 ml/kg KG). Die Reihenfolge der übrigen Futtermittel blieb gleich mit Wasseraufnahmen von 133 ml/kg KG beim pelletierten Alleinfuttermittel und 81 ml/kg KG für die beiden anderen Futtermittel (Wenger 1997).

Wasseraufnahme bei Fütterung mit Saftfutter: Darüber, ob Kaninchen ihren Wasserbedarf über Saftfutter alleine decken können oder nicht, herrscht nach wie vor Uneinigkeit.

Schwabe (1995) zeigte, dass Kaninchen, welche ausschliesslich futtergebundenes Wasser aufnahmen, an Gewicht verloren; dies allerdings auch bei einer Fütterung von Pellets und Wasser *ad libitum*. Sie verwendete drei verschiedene Bilanzen, wobei das Futter immer *ad libitum* angeboten wurde (Tabelle 9).

Tabelle 9. Futter- und Wasseraufnahme [$\text{g kg}^{-1} \text{d}^{-1}$], sowie Gewichtsentwicklung [g 5d^{-1}] bei 5 Kaninchen, während 10 tägiger Messung; nach Schwabe (1995).

	Pelletfutter, Wasser <i>ad libitum</i>	Pelletfutter, Saftfutter, Wasser <i>ad libitum</i>	Pelletfutter, Saftfutter, kein Tränkewasser
Startgewicht [g]	4001 ± 333.9	3800 ± 419.4	3975 ± 403.8
Gewichtsveränderung [g 5d⁻¹]	-35.5 ± 39.5	+13.8 ± 19.1	-4.3 ± 17.4
TS-Aufnahme [$\text{g kg}^{-1} \text{d}^{-1}$]	27.7 ± 5.34	34.1 ± 3.83	29.0 ± 7.26
Wasseraufnahme übers Futter [$\text{g kg}^{-1} \text{d}^{-1}$]	2.4 ± 0.5	147.8 ± 15.3	137.5 ± 29.8
Wasseraufnahme über die Tränke [$\text{g kg}^{-1} \text{d}^{-1}$]	60.3 ± 20.3	3.7 ± 5.5	---
Wasser:TS-Aufnahme	2.3	4.4	4.7

Durch die hohe Wasseraufnahme über das Futter tranken die Kaninchen nicht mehr viel aus der Tränke, Meerschweinchen hingegen schon (Schwabe 1995). Schwabe folgte aus ihren Ergebnissen, dass ein Ersatz des Tränkewassers beim Kaninchen nur möglich ist, wenn genügend Saftfutter angeboten wird, wobei sich die Mengen der Saftfutteraufnahmen aber als limitierend erweisen könnten (für ein Kaninchen z.B. 630 g Karotten pro Tag) (Schwabe 1995).

Bei Grünfutter mit 88% Wassergehalt war die Gesamtwasseraufnahme stark erhöht, dennoch nahmen die Kaninchen dazu auch noch Wasser aus der Tränke auf (Wolf *et al.* 1999). Das könnte aber daran gelegen haben, dass den Kaninchen zusätzlich noch 15 g Pelletfutter zur Verfügung stand (Wolf *et al.* 1999). Fütterung mit Grünfutter von hohem

Wassergehalt kann dazu führen, dass die Kaninchen mehr Wasser aufnehmen als nötig (Pond *et al.* 2005), obwohl nach Ansicht von Wolf *et al.* (2008) im Allgemeinen ein „Luxuskonsum“ eher selten auftritt .

Wenger (1997) untersuchte die Einflüsse verschiedener Futtermittel auf Kaninchen, Meerschweinchen und Chinchillas. Unter anderem kam bei den Kaninchen auch frisches Gras als Futtermittel zum Einsatz. Es handelte sich dabei um ein im August geschnittenes Gras mittlerer Halmlänge mit hohem Blattanteil und einem TS-Gehalt von 26%. Die Kaninchen verloren unter dieser Fütterung an Gewicht. Wasser wurde dabei nur zu 42% aus dem Futter aufgenommen – der Rest, also mehr als die Hälfte der Gesamtwasseraufnahme, erfolgte über die Tränke. Pro Gramm TS wurden dabei 4.3 g Wasser aufgenommen (Wenger 1997).

Zahlreiche Autoren beschreiben ihren Standpunkt zum Thema „Decken des Wasserbedarfs über Saftfutter“, allerdings meistens ohne sich auf eine konkrete Studie zu beziehen. Folgende Meinungen werden dabei deutlich:

Hollmann (1997) erwähnt, dass es ein weitverbreiteter Irrglaube sei, dass man Kaninchen kein Wasser geben dürfe. Scheelje (1975) schreibt, dass vor allem Züchter der Ansicht seien, dass Kaninchen kaum Wasser benötigten. Er selbst vertritt die Ansicht, dass dies nur bei Fütterung mit ausschliesslich Grünfutter oder Rüben zutrefte (Scheelje *et al.* 1975). Gidenne und Lebas (2006) sind der Meinung, dass Kaninchen bei Futter mit mehr als 70% Wassergehalt und bei Temperaturen unter 20 °C mit genügend Wasser versorgt würden und es so vorkommen könne, dass sie kein zusätzliches Wasser trinken. Auch Cheeke (1987) ist der Ansicht, dass Trinkwasser für Kaninchen bei Fütterung mit Grünfutter unnötig sei. Jin *et al.* (1990) hingegen finden es ausser bei mässiger Wachstumsrate unwahrscheinlich, dass der Wasserbedarf durch frische Gräser alleine gedeckt werden kann, v.a. unter warmen Bedingungen. Sie rechnen aus, dass ein 2 kg schweres Kaninchen etwa 200 g Frischfutter (mit 85% Wasseranteil) fressen müsste, um seinen Wasserbedarf zu decken. Damit hätte das Kaninchen dann aber ihrer Meinung nach Schwierigkeiten, auch den Energiebedarf zu decken – vermeintlich aufgrund mangelnder Aufnahmekapazität für Frischfutter (Jin *et al.* 1990). Auch Schall (2008) und Winkelmann (2006) finden Wasserversorgung über Grünfutter und Wurzelfrüchte allein nicht ausreichend. Im Tierschutz-Kontrollhandbuch Kaninchen (2008) steht, dass Kaninchen den Wasserbedarf unter besonderen Umständen über Grünfutter und Wurzelfrüchte decken können, dass jedoch in der Praxis häufig keine

Garantie bestehe, dass auch tatsächlich genügend Grünfutter in geeigneter Form angeboten werde und deshalb Durst nicht ausgeschlossen werden könne. Auch Hollmann (1997) meint, dass die Kaninchen ihren Flüssigkeitsbedarf bei ausreichendem Angebot an Saftfutter zwar grösstenteils über die Nahrung decken, dass dies aber nicht abzuschätzen sei. Wolf *et al.* (2008) schliesslich sind der Meinung, dass man das Wasserangebot von Kaninchen weder zeitlich noch quantitativ einschränken darf.

4.2.6 Wasserbedarf

Kenntnisse über den Wasserbedarf sind sowohl für Tierhalter als auch für Tierärzte von Interesse, z.B. für die Applikation von Vitaminen übers Trinkwasser oder für die Erkennung einer Polydipsie, sowie aus gesundheitlichen (Urolithiasisprophylaxe) und tierschützerischen Gründen (Wolf *et al.* 2008). Der Wasserbedarf ist schwer zu bestimmen, da er von vielen verschiedenen Faktoren abhängig ist (s.o.). Auch Kamphues (2000) kommt zum Schluss, dass der Wasserbedarf im engeren Sinne nicht anhand einer ausschliesslichen Erfassung von Leistungsparametern bei unterschiedlicher Wasseraufnahme formuliert werden soll, da Wasser vielfältige Funktionen hat, v.a. in der Thermoregulation und in der Exkretion harnpflichtiger Substanzen. Im Allgemeinen wird oft darauf hingewiesen, dass Kaninchen einen vergleichsweise hohen Wasserbedarf haben (Cizek 1961; Morgenegg 2000; Quesenberry und Carpenter 2004). Auch Tiere, die in Natur an trockene Habitate angepasst sind, können sich nach Coenen (1999) in Gefangenschaft an die ständige Wasserverfügbarkeit adaptieren und gegenüber zwischenzeitlichem Wassermangel sensibel reagieren, ungeachtet ihres ursprünglichen Lebensraums. Bei Angaben über den Wasserbedarf muss man unterscheiden, ob Wasseraufnahme oder -verbrauch gemessen wurde (Kamphues und Schulz 2002). Aus den meisten Daten geht nicht hervor, ob der Wasserverbrauch um Wasserverluste wie Verdunstung und Vergeudung korrigiert wurde, was dann der Wasseraufnahme entspräche (Kamphues und Schulz 2002). Auch ist es wichtig, die Anteile der Futtermittel und deren variierender Flüssigkeitsgehalt zu berücksichtigen (Wolf *et al.* 2008). Die nachstehende Tabelle fasst unterschiedliche absolute Angaben über die Wasseraufnahme der Kaninchen zusammen. Manche Angaben beziehen sich auf kg Körpergewicht, andere auf eine durchschnittliche Menge pro Tier (Tabelle 10). Gewisse Quellen nennen auch mehrere unterschiedliche Angaben, ohne dazu Stellung zu nehmen.

Zahlreiche Autoren geben die Wasseraufnahme der Kaninchen in Relation zur Trockensubstanzaufnahme an. Folgende Werte werden angegeben (Tabelle 11 und 12).

Tabelle 10. Wasseraufnahme pro Tag als absolute Angabe bei Kaninchen.

Wasseraufnahme	Anmerkungen	Quelle
68.5 ml/kg KG	Wasserturnover, unterschied sich nicht signifikant von der Wasseraufnahme	(Green und Dunsmore 1978)
84 - 96 g/kg KG	Subtropisches Klima, verschiedene Bedingungen, trotzdem recht konstant	(Jin <i>et al.</i> 1990)
120 ml/kg KG	Quesenberry und Carpenter: 120 ml/kg oder mehr	(Cheeke 1987; Harkness und Wagner 1995; Quesenberry und Carpenter 2004)
60 - 90 ml	Pro Kaninchen	(Wolf <i>et al.</i> 1999)
100 - 200 ml	Pro Zwergkaninchen	(Morgenegg 2000)
150 - 160g	2 kg Kaninchen mit ca. 200 g Grünfutter und dazu ein Trockenfutter	(Scheelje <i>et al.</i> 1975)
200 - 250g	2 kg Kaninchen mit pelletiertem Alleinfutter	(Scheelje <i>et al.</i> 1975)
250 ml	durchschnittlich für adulte Tiere	(Tierschutz-Kontrollhandbuch 2008)
250 ml	Für ein 2kg Kaninchen	(Schall 2008)
250 ml	Für ein ausgewachsenes weisses Neuseeländer Kaninchen	(Scheelje <i>et al.</i> 1975)
300 - 400 ml		(Drepper und Weik 1972)
300 - 500 ml	ausgewachsene Kaninchen mittelschwerer Rassen bei Trockenfütterung	(Winkelmann 2006)

Tabelle 11. Wasseraufnahme als Verhältnis zur Trockensubstanz - oder Futteraufnahme bei Fütterung mit einem Trockenfutter bei Kaninchen.

Verhältnis	TS/F	Nähere Angaben	Quelle
> 1	TS	Bei trockenem Futter	(Maertens und Villamide 1998)
1.3	TS	Mischfutter auf der Basis nativer Komponenten bei Deutschen Riesen und Neuseeländern	(Zumbrock 2002)
1.59	TS	Brikettiertes Mischfutter auf der Basis von Heu und Getreide	(Wenger 1997)
1.6	F	Bei 20 °C	(Jin <i>et al.</i> 1990)
	TS	bei strukturiertem Alleinfutter („Carrot Nibblers“)	(Schröder 2000)
1.7	TS	Pelletfutter auf Luzerne- und Getreidebasis, Neuseeländer im Wachstum	(Burger 2009)
1.71	F	F: Pelletfutter, bei 20 °C und 70% Luftfeuchtigkeit	(Eberhard 1980)
1.79	TS	Alleinfuttermittel auf Basis nativer Komponenten	(Wenger 1997)

Verhältnis	TS/F	Nähere Angaben	Quelle
1.8	F	F: Pelletfutter, bei 5 °C und 80%	(Eberhard 1980)
	TS	Luftfeuchtigkeit Pelletfutter auf Grünmehl - und Getreidebasis, Neuseeländer im Wachstum	(Burger 2009)
1.8 - 3.0	TS	Trockensubstanzaufnahme von 3.5 - 5.2% der Körpermasse in kg, bei 2.3kg 4%	(Kamphues <i>et al.</i> 2009)
1.84 ± 0.23	TS	Fütterung mit Mischfutter und Nageholz	(Bucher 1994)
1.86	TS	6 Wochen alte Kaninchen	(Prud'hon <i>et al.</i> 1975b)
1.9	TS	pelletiertes Alleinfuttermittel	(Schröder 2000)
1.96 ± 0.34	TS	Fütterung mit konventionellem Alleinfutter	(Bucher 1994)
2 - 4	TS	Zwergkaninchen mit strukturiertem, rohfaserreichem Futter eher mehr	(Kamphues <i>et al.</i> 2009)
ca. 2	TS	Verschiedene Fütterungsregimes: pelletiertes Alleinfutter, Mischfutter, Mischfutter mit Heu, Mischfutter mit Nagehölzern, Mischfutter mit Nagestein	(Wolf <i>et al.</i> 1999)
ca. 2	F		(Cheeke 1987)
2.02 ± 0.72	TS	Bei 20 °C	(Prud'hon 1976)
2.04 ± 0.19	TS	Fütterung mit Mischfutter und Heu	(Bucher 1994)
2.04 ± 0.36	TS	Fütterung mit Mischfutter	(Bucher 1994)
2.1	TS	Pelletfutter auf Luzernebasis, Neuseeländer im Wachstum	(Burger 2009)
2.2 - 2.6	TS	pelletiertes Alleinfuttermittel in Kombination mit verschiedenen rohfasen - oder strukturreichen Einzelfuttermitteln	(Schröder 2000)
2.21 ± 0.29	TS	Fütterung mit Mischfutter und Kalkstein	(Bucher 1994)
2.22	TS	18 Wochen alte Kaninchen	(Prud'hon <i>et al.</i> 1975b)
2.3	F	Bei 30 °C	(Jin <i>et al.</i> 1990)
2.3	TS	Pelletfutter, Wasser <i>ad libitum</i>	(Schwabe 1995)
bis 2.4	TS	zwischen 20 °C und 30 °C	(Cervera und Carmona 1998)
2.44 ± 0.86	TS	Bei 30 °C	(Prud'hon 1976)
2.6	TS	Heu	(Schröder 2000)
2.7	TS	Pelletfutter auf Grünmehlbasis, Neuseeländer im Wachstum	(Burger 2009)
2.8	F	Bei milden Bedingungen unter subtropischem Klima	(Marai <i>et al.</i> 2005)
2.91	TS	Pelletiertes Alleinfuttermittel	(Wenger 1997)
3.14	F	Pelletfutter, bei 30 °C und 60% Luftfeuchtigkeit	(Eberhard 1980)
bis 4.1	F	Subtropisches Klima mit NaCl	(Marai <i>et al.</i> 2005)
4.1 - 9.9	TS	Heu	(Zumbrock 2002)
4.4	F	Bei heißen Bedingungen unter subtropischem Klima	(Marai <i>et al.</i> 2005)

TS: Verhältnis von Wasser zu Trockensubstanz , F: Verhältnis von Wasser zu Futter (ohne genauere Angaben)

Tabelle 12. Verhältnis von Wasser:Trockensubstanzaufnahme bei einer Fütterung mit Frischfutter.

Verhältnis	TS	Nähere Angaben	Quelle
4.28	TS	frisches Gras	(Wenger 1997)
4.4	TS	Pellets, Saftfutter, Wasser <i>ad libitum</i>	(Schwabe 1995)
4.7	TS	Pellets, Saftfutter, kein Tränkewasser	(Schwabe 1995)
5.5	TS	Grünfutter mit 15 g pelletiertem Alleinfutter	(Wolf <i>et al.</i> 1999)

TS: Verhältnis von Wasser zu Trockensubstanz

4.2.7 Wasserrestriktion

Wasser ist in der Kaninchenhaltung nicht überall eine Selbstverständlichkeit. So berichten Jin *et al.* (1990), dass beispielsweise in Nordchina nicht selten Kaninchen für Fleischproduktion oder Angorahaar gehalten würden, welche im Winter kein Trinkwasser erhielten und im Sommer nur einmal täglich. Doch auch in unseren Breitengraden kann es immer wieder vorkommen, dass Kaninchen nicht ständig Zugang zu Wasser haben. Laut Ben Rayana *et al.* (2008) stellt Wasserrestriktion eine gängige Methode dar, um bei Kaninchen Verdauungsstörungen nach dem Absetzen zu verhindern. Praxisrelevante Versorgungseingpässe in der Wasserversorgung von Tieren werden von Kamphues *et al.* (2009) wie folgt eingeteilt:

- Bewusste Limitierung des Wasserangebots:
 - Reduktion der Miktionsfrequenz und -menge zur Verringerung der nötigen Einstreuwechsel bzw. Erhöhung der Einstreuqualität
 - Vermeintliche Steigerung der Kotqualität
 - Resultierende Futterrestriktion, die einfacher über die Tränkelimitation zu bewerkstelligen ist als über eine Futterlimitierung (Verdelhan *et al.* 2004)
- Unbeabsichtigte Reduktion des Wasserangebots:
 - Fehleinschätzung des Bedarfs
 - Funktionsmängel der Tränken
 - Frost bei Aussenhaltung
 - Verschmutztes Trinkwasser
 - Bei Transporten
 - Mangelnde Gewöhnung an die Tränketechnik
 - Rangordnung in der Gruppenhierarchie

Da der Wasserbedarf vielfältigen Umwelteinflüssen und individueller Variation unterliegt, stellt sich die Frage, ob man das Wasserangebot überhaupt begrenzen darf (Kamphues und Schulz 2002). Aus tierschützerischen Gründen sind deshalb alle bewussten Einschränkungen

der Wasserversorgung abzulehnen (Kamphues und Schulz 2002; Wolf *et al.* 2008).

Unzureichende Wasserversorgung hat negative Effekte auf Gesundheit, Leistung und Wohlbefinden der Tiere (Igbokwe 1997; Kamphues und Schulz 2002). Mögliche Folgen ungenügender Wasseraufnahme sind:

- Aufsuchen anderer, ev. unhygienischer Flüssigkeitsquellen (Kamphues *et al.* 2009)
- Leistungsabfall, im Speziellen die Gewichtszunahme in der Mast (Scheelje *et al.* 1975; Pond *et al.* 2005; Gidenne und Lebas 2006; Ben Rayana *et al.* 2008; Kamphues *et al.* 2009)
- Abnehmende Futteraufnahme (Cizek 1961; Prud'hon *et al.* 1975a; Schwabe 1995; Pond *et al.* 2005; Gidenne und Lebas 2006; Ben Rayana *et al.* 2008; Kamphues *et al.* 2009)
- Harnkonzentrierung und Risiko von Harnkonkrementbildung (Pond *et al.* 2005; Tierschutz-Kontrollhandbuch 2008; Wolf *et al.* 2008; Kamphues *et al.* 2009)
- Disposition für Harnwegsinfektionen (Kamphues *et al.* 2009)
- Retention harnpflichtiger Substanzen mit möglicher Intoxikation (Kamphues *et al.* 2009)
- Anstieg von Natrium, Kalium und Harnstoff im Urin (Pond *et al.* 2005)
- Sinkende Kotwasserausscheidung (Pond *et al.* 2005)
- Reproduktionsstörungen (Bigler 2005)
- Körpergewichtsverlust (Pond *et al.* 2005)
- Dehydratation mit Hämokonzentration, Hyperthermie (Pond *et al.* 2005; Kamphues *et al.* 2009), Anstieg von Atemfrequenz und Puls (Pond *et al.* 2005)
- Schlussendlich Übelkeit, Schwierigkeit in der Muskelbewegung, Reizbarkeit, totale Erschöpfung und Tod (Pond *et al.* 2005)

Die meisten Tiere können sich einer moderaten Wasserrestriktion anpassen und können sie teilweise durch reduzierte Exkretion kompensieren (Pond *et al.* 2005). Selbst bei erheblicher Restriktion sind Tiere noch längere Zeit in der Lage, ihre übliche Leistung und eine ausgeglichene Wasserbilanz aufrecht zu erhalten, sodass ihr Bedarf, vordergründig betrachtet, noch gedeckt scheint. Bei näherer Betrachtung sind aber schon gegenregulatorische Mechanismen wirksam, z.B. die Reduktion der renalen oder fäkalen Wasserabgabe (Kamphues und Schulz 2002).

Igbokwe (1997) beschreibt in einer Übersichtsarbeit die Effekte von Wasserentzug bei Schaf, Ziege und Rind. Er fasst zusammen, dass die physiologischen Anpassungen in Richtung eines ökonomischen Umgangs mit dem Wasser weisen, um das Blutvolumen aufrechtzuerhalten und die Hyperosmolalität von Körperflüssigkeiten zu reduzieren. Wasserausscheidung über

Faeces, Urin und Verdampfung von Körperoberflächen sind vermindert, am wichtigsten ist dabei aber die Reduktion der Wasserausscheidung über den Kot. Auch Veränderungen in der Blutzusammensetzung treten auf: Hämatokrit, rote Blutzellen und Hämoglobin steigen, Leukozyten, speziell neutrophile Granulozyten und Lymphozyten, sinken. Nicht immer finden sich aber all diese Veränderungen bei Dehydratation. Igbokwe (1997) vermutet folgende Zusammenhänge: Da sich die Erythrozyten verkleinern oder auch in Gefäßen sequestrieren können, ist der Hämatokrit kein zuverlässiger Parameter. Auch ein Plasmaproteinanstieg muss nicht sein, da Proteine ins extravaskuläre Kompartiment diffundieren können oder über den Urin ausgeschieden werden.

Die Plasmaosmolalität ist erhöht, und zwar durch die erhöhten Natrium- und Chloridkonzentrationen. Auch Creatinin und Cholesterol sind erhöht (Igbokwe 1997). Bei Schaf, Ziege und Rind führte der Wasserentzug insgesamt zu verminderter Produktion, namentlich durch Verlust an Körpergewicht, verminderte Milchleistung, Aborte und Todesfälle (Igbokwe 1997).

Quesenberry und Carpenter (2004) schreiben, dass Kaninchen einen Wasserentzug nur 24 h aushalten, bei heissem Wetter sogar noch weniger. Bei Cizek (1961) wurde 12 Kaninchen während 6 Tagen kein Zugang zu Wasser gewährt, was zu einem Sistieren der Futteraufnahme führte; andere negative Auswirkungen sind in der Studie nicht erwähnt.

Antunes-Rodrigues *et al.* (2004) beschreiben in ihrer Übersichtsarbeit, dass ein Tier, welchem nach Wasserentzug Wasser angeboten wird, nach drei bis zehn Minuten zu trinken beginnt. Adolph und Northrop (1950) untersuchten den Durst nach ein- bis dreitägiger Wasserrestriktion und anschliessender Gabe von Flüssigkeit in den Magen via Sonde. Es stellte sich heraus, dass nicht alle Spezies gleich reagierten: Insbesondere Kaninchen zeigten als Jungtiere eine Minute nach der Wasserverabreichung in den Magen noch immer Durst (so auch der Hund), während adulte Tiere kaum mehr tranken und so vor der Absorption im Darm schon merkten, dass das Wasserdefizit gestillt war (so auch Hamster, Ratten und Meerschweinchen). Wartete man 15 Minuten mit der Verabreichung von *ad libitum* Wasser, so tranken auch Hunde und junge Kaninchen kaum mehr, da wohl die Absorption schon begonnen hatte. Als Mass für das Wasserdefizit wurde der Verlust an Körpergewicht angenommen, das gleichförmig abnahm während der Restriktion (bei *ad libitum* Futter) (Adolph und Northrop 1950).

An Kaninchen wurden verschiedene Versuche zur Wasserrestriktion durchgeführt:

- Cizek (1961) untersuchte Kaninchen auf ihre Futteraufnahme bei komplettem Wasserentzug. Schon am ersten Tag sank die Futteraufnahme auf kaum mehr als ein Drittel, nach drei Tagen frassen die Kaninchen nur noch knapp 2% der Ausgangsmenge und in der Folge so gut wie gar nichts mehr (Abbildung 3). Wurde das Wasser wieder zugeführt, so pendelte sich auch die Futteraufnahme wieder auf dem gewohnten Niveau ein (Cizek 1961).

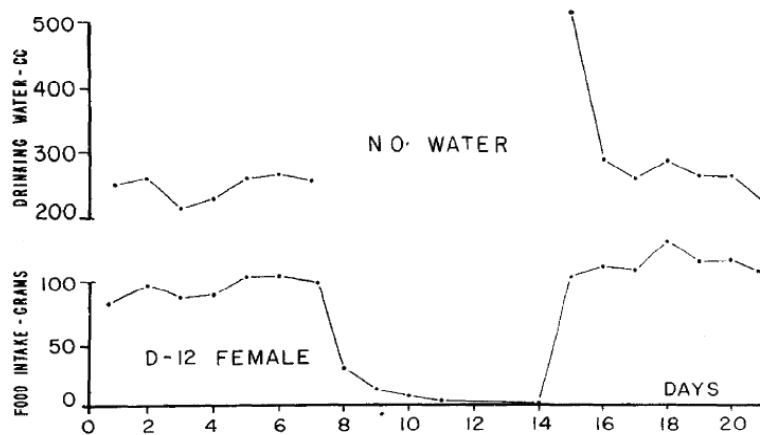


Abbildung 3. Rascher Futtereinbruch bei Kaninchen nach komplettem Wasserentzug, aus Cizek (1961).

- 10 Kalifornier Kaninchen im Wachstum (7 Wochen alt) wurde nach 8 tägiger Kontrollphase während 8 Tagen nur noch während einer halben Stunde Wasser zur Verfügung gestellt. In der Folge wurde nach der Reduktion ein Einbruch in der Futter- (53%) und Wasseraufnahme (63%) beobachtet. Ab dem dritten Tag erfolgte ein leichter Anstieg, nach vier Tagen nahmen die Kaninchen mehr Trockensubstanz als Wasser zu sich. Die Wasseraufnahme blieb ab dem fünften Tag stabil bei ca. 110 g/Tag (auch die Zeit, die sie dafür aufwendeten), die Futteraufnahme war weiter zunehmend (Abbildung 4). Die Gewichtszunahme brach in den ersten vier Tagen der Wasserrestriktion von 40 g/Tag auf 20 g/Tag ein, erhöhte sich aber in der zweiten Hälfte der Wasserrestriktionsphase wieder auf 46 g/Tag (Lebas und Delaveau 1975).

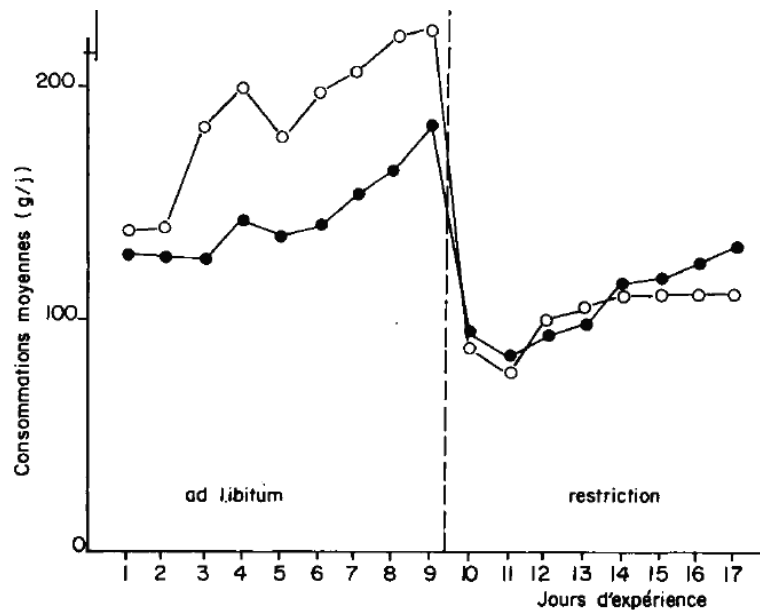


Abbildung 4.
Durchschnittliche Futter- und Wasseraufnahme im Verlauf des Experiments von Lebas und Delaveau. Nicht ausgefüllte Punkte: Wasseraufnahme; ausgefüllte Punkte: Futtermenge (Pelletfutter); aus Lebas und Delaveau (1975).

- Drei Kaninchen, 23 Wochen alt, erhielten Futter *ad libitum*, Wasser zehn Minuten pro Tag, danach nur alle zwei Tage während zehn Minuten. Untersucht wurden während 45 Tagen die Entwicklung der Mahlzeitenhäufigkeit und -menge. Anfangs zeigte sich eine starke Erniedrigung der Futtermenge, anschliessend eine progressive Anpassung bei täglicher Wassergabe. Die Mahlzeiten waren häufig und die aufgenommenen Futtermengen waren hoch während der ersten zwei bis drei Stunden nach der Wassergabe. In den ersten fünf bis sechs Minuten nach Wasserverabreichung tranken die Tiere ohne Unterbruch und begannen dann zu Fressen; die Tiere tranken so 162.8 ± 27 ml. Abgesehen von diesen Perioden wurde das vermehrt nächtliche Fressverhalten nicht beeinflusst. Nach der Adaptation war die Futtermenge 14 - 24% tiefer als bei freiem Wasserzugang; wenn Wasser alle zwei Tage verabreicht wurde, war die Verminderung der Futtermenge bei älteren Tieren ausgeprägter als bei jüngeren. 24 Tiere im Wachstum (zwölf sechs Wochen alte Kaninchen und zwölf 11 Wochen alte Kaninchen) wurden demselben Regime unterzogen. Dabei wurde bei täglicher Wasserverabreichung das Wachstum nicht signifikant beeinflusst, bei stärkerer Restriktion aber waren die Wachstumsraten der jüngeren Tiere geringer und bei älteren Tieren sistierte das Wachstum; es wurde sogar ein Gewichtsverlust beobachtet (Prud'hon *et al.* 1975a).

- In einem Versuch von Carles und Prud'hon (1979) wurden 128 Weisse Neuseeländer im Wachstum zur Untersuchung des Einflusses der Wasserangebotsdauer bei Wasserrestriktion eingesetzt. Die zeitliche Wasserrestriktion führte zu verminderter Futteraufnahme und vermindertem Wachstum im Vergleich zur Kontrollgruppe mit *ad libitum* Wasser – unabhängig davon, ob das Wasser um 9 Uhr morgens oder abends oder in zwei Portionen verabreicht wurde. Die Anpassung an die Wasserrestriktion gelang allerdings denjenigen Tieren, die das Wasser morgens erhielten, besser.
- Carstensen (1984) untersuchte den Calciumstoffwechsel bei 17 ausgewachsenen Kaninchen. In einer Versuchsphase wurde dabei das Trinkwasser restriktiv angeboten, anfänglich auf 50% des vorher bestimmten Wasserbedarfs, später auf 75%. Die Futteraufnahme war insbesondere bei der 50%-Reduktion stark vermindert.
- Bei Schwabe (1995) wurden fünf Kaninchen mit drei verschiedenen Rationen gefüttert: A: Pelletiertes Mischfutter, Trinkwasser *ad libitum*; B: Pelletiertes Mischfutter und Futtermöhren, Trinkwasser *ad libitum*; C: Pelletiertes Mischfutter und Futtermöhren, ohne Trinkwasser. Die Wasserrestriktion führte zu geringerer TS-Aufnahme von Bilanz C als B, allerdings immer noch mehr als in Bilanz A (siehe auch Tabelle 9). Die Tiere verloren sowohl in Bilanz A als auch in Bilanz C an Gewicht. Die Wasseraufnahme und -abgabe war in Bilanz A am tiefsten und in Bilanz B am höchsten. Die Wasserrestriktion (C) führte zwar zu einer um 9% geringeren Gesamtwasseraufnahme als bei B, der Unterschied war aber nicht signifikant. Osmolalität und spezifisches Gewicht des Urins unterschieden sich jeweils zwischen Bilanz A und den anderen beiden Bilanzen signifikant, nicht aber zwischen B und C.
- Da angenommen wird, dass sich eine restriktive Fütterung positiv auf die Überlebensrate beim Absetzen auswirkt, versuchten Verdelhan *et al.* (2004) über eine Wasserrestriktion die gewünschte Futterlimitierung zu erreichen. 336 Mastkaninchen wurden ab 32 Tagen bis zum Alter von 62 Tagen verschiedenen Tränkeregimes unterzogen. Die Kontrollgruppe erhielt Wasser *ad libitum*, die drei anderen Gruppen hatten nur während 1.5 h, 2.5 h bzw. 4 h täglich Wasserzugang. Die

Wasseraufnahme sank auf 62%, 72% bzw. 87% im Vergleich zur Kontrollgruppe und auch die Futteraufnahme erniedrigte sich erwartungsgemäss auf 78%, 83% bzw. 87% verglichen mit der Kontrollgruppe. Ab Tag 63 wurden alle Tiere wieder gleich behandelt. Nur die Tiere mit der stärksten Wassereinschränkung (1.5 h) wiesen ein tieferes Schlachtgewicht auf als die anderen Tiere, die die Zunahme in der letzten Woche vor der Schlachtung (bei *ad libitum* Wasser) wieder aufholen konnten. Die Mortalität lag in diesem Versuch bei 2.6% und unterschied sich in den verschiedenen Gruppen nicht signifikant.

- Ben Rayana *et al.* (2008) untersuchten die Auswirkungen einer 20- und einer 22-stündigen täglichen Wasserrestriktion auf Futteraufnahme, Wasseraufnahme, Gewichtszunahmen und Wasser:Futterverhältnisse bei frisch abgesetzten Kaninchen. Die Gruppen mit Wasserrestriktion nahmen weniger Wasser und Futter auf, hatten ein tieferes Wasser zu Futter-Verhältnis und nahmen weniger an Gewicht zu (Tabelle 13). Die Futterverwertung verbesserte sich allerdings.

Tabelle 13. Effekte auf Futter- und Wasseraufnahme bei 36 frisch abgesetzten Kaninchen; nach Ben Rayana *et al.* (2008).

Parameter	Kontrolle	4 h Wasserzugang	2 h Wasserzugang
Futteraufnahme	100%	80%	75%
Wasseraufnahme	100%	71%	58%
Wasser:Futter	2.05	1.86	1.65
Futterumsatz	3.8 g Futter/g KG	3.5 g Futter/g KG	
Gewichtszuwachs	36.9 g/d	32.8 g/d	29.9 g/d

- Bei Foubert *et al.* (2008) wurden drei Gruppen von frisch abgesetzten Kaninchen auf ihre Gewichtsentwicklung und auf die Morbidität und Mortalität von epizootischer Kaninchenenteropathie untersucht. Die erste Gruppe erhielt Futter und Wasser *ad libitum*. Die zweite Gruppe erhielt Futter restriktiv, Wasser hingegen nicht, was zu einem Wasser:Futter-Verhältnis von >3 führte. Die dritte Gruppe erhielt Futter und Wasser restriktiv, nämlich in einem Wasser:Futter-Verhältnis von 1.7. Die erste Gruppe zeigte die höchsten Gewichtszunahmen, erkrankte aber am häufigsten (29.2%). Zwischen den beiden restriktiven Gruppen gab es hinsichtlich der Mortalität keinen signifikanten Unterschied, bei Gruppe 2 war die Mortalität tendenziell

deutlicher verringert (auf 16.7%) als bei Gruppe 3, und bei Gruppe 2 war im Gegensatz zu Gruppe 3 das Schlachtgewicht nicht verringert.

- Auch bei Gualterio *et al.* (2008) wurden Kaninchen hinsichtlich der epizootischen Kaninchenenteropathie im Zusammenhang mit Wasserrestriktion untersucht. Zweimal 240 Kaninchen (mit 35 d abgesetzt) wurden in je vier Gruppen eingeteilt. Gruppe 1 erhielt Wasser *ad libitum*, die zweite erhielt während 4 h Wasser, dann 20 h keines, die dritte Gruppe erhielt zweimal täglich 2 h Wasser, dazwischen jeweils 10 h Wasserentzug und die vierte Gruppe wurde viermal täglich während 1 h mit Wasser versorgt. Das Wachstum der Kaninchen war nicht signifikant unterschiedlich, während sich die Futterumsatzrate von 4.5 (Gruppe 1 und 2) auf 5.1 (Gruppe 4) und 5.9 (Gruppe 3) erhöhte. Auf die Mortalität hatte die Wasserrestriktion keine positiven Auswirkungen - die Verluste waren insgesamt sehr hoch. Die Wasseraufnahme war in allen Gruppen mit Wasserrestriktion tiefer als in Gruppe 1, allerdings gab es deutliche Unterschiede, und zwar sowohl in der ersten als auch in der zweiten Messphase: Gruppe 2: 21 (1. Messphase) bzw. 26% (2. Messphase) von Gruppe 1, Gruppe 3: 54 bzw. 66% von Gruppe 1 und Gruppe 3: 72 bzw. 86% von Gruppe 1.

Tabelle 14. Zusammenfassung der Effekte verschiedener Studien mit Wasserrestriktion beim Kaninchen.

Quelle	Wasserrestriktion	Futterraufnahme	Wasseraufnahme	Gewichtsentwicklung
Cizek 1961	kein Wasser	↓	0	keine Angabe
Lebas und Delaveau 1975	30 min Wasserzugang täglich	↓	↓	zuerst ↓, dann =/↑
Prud'hon 1975a	10 min Wasserzugang täglich	↓	↓	=
Prud'hon 1975a	10 min Wasserzugang alle 2 d	↓	↓	↓
Carles und Prud'hon 1979	zeitliche Wasserrestriktion (Dauer unbekannt)	keine Angabe	↓	↑, aber weniger als Kontrollgruppe
Carstensen 1984	50% bzw. 75% der ermittelten Wasseraufnahme	↓	↓	keine Angabe
Schwabe 1995	kein Wasser, Frischfutter <i>ad libitum</i>	↓	↓, 9%, allerdings nicht signifikant	↓
Verdelhan et al. 2004	Wasserzugang 1.5 h, 2.5 h, 4 h	↓	↓	↑, aber weniger als Kontrollgruppe
Ben Rayana et al. 2008	täglich 22 h oder 20 h Wasserzugang	↓	↓	↓
Foubert et al. 2008	Wasser:Futter 1.7	restriktiv	restriktiv	↑, aber weniger als Kontrollgruppe
Gualterio et al. 2008	4 h Wasserzugang	=	↓	↑, = Kontrollgruppe

↓ sinkt; ↑ steigt; = kein Unterschied

4.2.8 Tränkesysteme

Für die Kaninchenhaltung stehen verschiedene Tränkesysteme zur Verfügung. In Hobbyhaltung und Zucht kommen vorwiegend offene Tränken (Ton-, Aluminium- oder Kunststoffschalen) zum Einsatz (Tetens 2007). Winkelmann (2006) erwähnt sowohl Offen- als auch Nippeltränken in der Hobbyhaltung, wobei er ersteren ablehnend gegenübersteht. Für kommerzielle Haltung gibt es auch Schwimmertränken und automatische Tränkesysteme (Winkelmann 2006). In intensiver Kaninchenhaltung werden zum Grossteil Selbsttränken verwendet (Tetens 2007). Die Umfrage in der Dissertation von Tetens (2007) ergab, dass alle ausgewerteten Betriebe (n = 21) ein System mit Niederdruck-Nippeltränken verwendeten.

Einzeltränken mit Wasserbehälter und Trinkröhrchen aus Stahl kommen dort zwar ebenfalls zum Einsatz, v.a. dann, wenn gezielte Einzelversorgung erforderlich ist. Die Nippeltränken verursachen aber einen hohen Arbeitsaufwand (Tetens 2007). Nachfolgend sollen v.a. Nippeltränken und Offentränken thematisiert und verglichen werden.

Vorteile der Nippeltränke:

- Hygienisch, da nicht mit Kot, Harn oder Einstreu verschmutzbar (Drescher und Hanisch 1995; Lowe 1998; Winkelmann 2006; Schall 2008)
- Ideal für kommerzielle Haltung (Lowe 1998; Tierschutz-Kontrollhandbuch 2008)
- Platzsparend, da aussen montierbar (Hollmann 1997)

Nachteile der Nippeltränke:

- Keine natürliche Trinkweise, muss erlernt werden (Drescher und Hanisch 1995)
- Anstrengend für die Kaninchen (Drescher und Hanisch 1995)
- Die Flaschen tropfen manchmal (Drescher und Hanisch 1995)
- Hohe Wasserverluste, wenn die Kaninchen daran spielen (Winkelmann 2006)
- Frischwasserqualität wird eingebüsst, wenn das Wasser länger in der Flasche bleibt (Drescher und Hanisch 1995)
- Wenn zu hoch angebracht, rutschen die Kaninchen ab und können nicht konstant trinken (Drescher und Hanisch 1995)
- Gibt zu wenig Wasser auf einmal (Morgenegg 2000)
- Mühsames Schlucken (Morgenegg 2000)
- Schwierig zu säubern (Morgenegg 2000); insbesondere der Kugelmechanismus, der den Nippel verschliesst, muss aufwändig gereinigt werden

Vorteile der Offentränke:

- Einfach zu reinigen (Morgenegg 2000)
- Physiologischeres Trinken (Morgenegg 2000)

Nachteile der Offentränke:

- Verschmutzen leicht (Drescher und Hanisch 1995; Lowe 1998; Kamphues und Schulz 2002; Quesenberry und Carpenter 2004; Schall 2008)
- Wasser kann leichter verschüttet werden (Quesenberry und Carpenter 2004)
- Wenn die Wamme in die Tränke hängt, kann das zu Dermatitis führen, insbesondere in Verbindung mit Pseudomonaden (Quesenberry und Carpenter 2004)

Morgenegg (2000) befürwortet generell die Offentränke. Auch Lowe (1998) ist der Meinung, dass sich Offentränken eignen, allerdings vorwiegend für kleinere Bestände bzw. Heimtierhaltung. Um einem Verschütten vorzubeugen, empfehlen Morgenegg (2000) und Quesenberry und Carpenter (2004), ein schweres, genügend hohes Gefäss zu wählen, (beispielsweise aus Ton, oder das Beschweren mit einem Stein). Ausserdem ist es von Vorteil, die Offentränke an erhöhter Stelle anzubringen, zum Beispiel auf einem Backstein (Morgenegg 2000).

Für die Nippeltränken sprechen sich Schall (2008) und Hollmann (1997) aus. Für grössere und kommerziell orientierte Bestände findet auch Lowe (1998) die Nippeltränke geeigneter. Drescher und Hanisch (1995) untersuchten per Videoaufnahmen die Trinkhäufigkeit an vier verschiedenen Tränketypen in einem Wahlversuch. Aus der Niederdruck-Schalentränke tranken die Kaninchen am häufigsten, gefolgt von der Nippeltränke. Seltener suchten die Tiere die Schwimmertränke und die automatische Minitränke auf. Je älter die Kaninchen allerdings wurden, umso häufiger benutzten sie die Nippeltränken. Die Autoren vermuteten den Spieltrieb als Ursache dafür. Sie beobachteten, dass die Nippeltränken ab und zu leicht tropften, aber am hygienischsten waren, da die drei Offentränken mit Kot, Heu und Trockenfutterresten verschmutzten. Drescher und Hanisch (1995) folgerten aus ihrer Studie, dass das gleichzeitige Angebot von Schalen- und Nippeltränken tiergerecht wäre.

4.2.9 Wasserqualität

Verschiedene Salze können die Schmackhaftigkeit des Wassers und in der Folge auch die Wasseraufnahme reduzieren. Auch Bakterien, Protozoen, Pilze, Algen, Kohlenwasserstoffe und andere ölige Substanzen, Pestizide und manche industriellen Chemikalien können die Schmackhaftigkeit beeinflussen oder toxisch sein (Pond *et al.* 2005). Mineralsalze, welche häufig in grossen Mengen vorhanden sind, sind Karbonate, Bikarbonate, Sulfate, und Chloride von Natrium, Magnesium und Kalium (Pond *et al.* 2005). Normalerweise haben die Mineralstoffe aber keinen genügend hohen Anteil, als dass sie einen Einfluss auf die Mineralstoffbedürfnisse hätten (Cheeke 1987). Die Calciumkonzentrationen im Trinkwasser sind sehr variabel. Höhere Calciumgehalte können die Funktionssicherheit der Tränke durch Ablagerungen beeinflussen (Kamphues und Schulz 2002). Längere Standzeiten, höhere Umgebungstemperaturen, Lichteinfall (Algenbildung) und Kontamination durch die Tiere

selbst beeinträchtigen die Hygiene des Wassers (Kamphues und Schulz 2002). Wasser guter Qualität sollte weniger als 2500 mg/l total gelöste Feststoffe enthalten (Pond *et al.* 2005).

4.2.10 Empfehlungen und Gesetze

Empfehlungen: In einem Punkt sind sich viele Autoren einig: Trinkwasser soll frisch, sauber und *ad libitum* verfügbar sein (z.B. Harkness und Wagner 1995; van Zutphen *et al.* 1995; Carpenter und Kolmstetter 2000; Quesenberry und Carpenter 2004; Hoy 2008; Schall 2008). Schall (2008) betont, dass Trinkwasser u.a. als Prophylaxe gegen Hitzschlag in ausreichender Menge zur Verfügung stehen muss. Auch Scheelje (1975) findet, dass eine „ordnungsgemässe Wasserversorgung“ erforderlich sei, speziell in der Mast bei Fütterung auf Pelletbasis. Ausserdem müssen die Selbsttränken funktionsfähig sein und das Wasser nicht zu kalt. Das Wasser soll Trinkwasserqualität aufweisen (Scheelje *et al.* 1975). Variationen in der Wasserqualität können durch externe Kontaminationen erfolgen, z.B. durch ineffiziente Reinigung der Tränkevorrichtungen. Daher ist die wichtigste Massnahme die Sauberkeit der Tränke (Maertens und Villamide 1998). Eine Vergeudung von Wasser bringt Hygieneprobleme mit sich und sollte durch geeignete Tränketechnik und eine Optimierung der Haltungsbedingungen vermieden werden (Kamphues 2000).

Gesetzgebung in der Schweiz: Das Schweizer Tierschutzgesetz schreibt vor, dass Tiere angemessen ernährt werden müssen (Tierschutzgesetz 2005). Bei Gruppenhaltung muss jedes Tier genügend Futter und Wasser erhalten (Tierschutzverordnung 2008). In der Tierschutzverordnung wird ausserdem präzisiert, dass Tiere regelmässig und ausreichend mit geeignetem Futter und Wasser zu versorgen sind (Tierschutzverordnung 2008). Das Tierschutz-Kontrollhandbuch Kaninchen beschreibt die Wasserversorgung als erfüllt, wenn die Kaninchen mindestens einmal täglich Zugang zu Wasser haben (Tierschutz-Kontrollhandbuch 2008). Die genaueste Formulierung findet sich in der Vollzugsunterstützung Kaninchen und in der Fachinformation Tierschutz Wasserbedarf bei Kaninchen: „Kaninchen müssen mindestens einmal täglich ihren Bedürfnissen entsprechend ausreichend Wasser erhalten“ (Tierschutz-Kontrollhandbuch 2008). Wieviel Wasser allerdings „ausreichend“ und „ihren Bedürfnissen entsprechend“ bedeutet, ist nicht definiert und auch nicht, wie lange den Tieren das Wasser zur Verfügung stehen muss.

Zielsetzung: Das Ziel dieser Arbeit ist es, die Wasseraufnahme des Zwergkaninchens unter Haltungsbedingungen, die weitgehendst denjenigen der Hobbyhaltung entsprechen, zu untersuchen. Einerseits soll getestet werden, ob und wie die Tränkeart die Wasseraufnahme beeinflusst und welche Tränke durch die Kaninchen bevorzugt wird. Andererseits sollte untersucht werden, welche Fütterung zu den höchsten Wasseraufnahmen und -ausscheidungen führte, um Empfehlungen bezüglich Harnsteinprophylaxe abgeben zu können. Weiterhin soll der Einfluss eines praxisrelevanten Wasserentzugs auf Wasser- und Futteraufnahme, sowie auf Urin- und Kotzusammensetzung hin untersucht werden, um abzuschätzen, ob eine ganztägige Wasserverfügbarkeit bei Kaninchen gesetzlich vorgeschrieben werden müsste.

5 Tiere, Material und Methoden

5.1 Versuchsanordnung

Zwölf Zwergkaninchen (*Oryctolagus cuniculus*) wurden nach einer einwöchigen Anpassungsperiode einer Reihe von insgesamt 15 Versuchsphasen à je 15 Tage ausgesetzt. Die Tiere wurden dazu in zwei gleich grosse Gruppen eingeteilt. Jede Gruppe hatte nach einem anfänglichen Wahlversuch (Phase O bzw. o) 14 verschiedene Fütterungs- und Tränkeregimes zu durchlaufen, die sich sowohl in der Fütterung als auch im Tränkesystem unterschieden (Tabelle 15 und Tabelle 16).

Tabelle 15. Versuchsphasen Gruppe A.

A	OTHeu	Grasheu <i>ad libitum</i> , Wasser <i>ad libitum</i> , OT
B	NTHeu	Grasheu <i>ad libitum</i> , Wasser <i>ad libitum</i> , NT
C	OTHRP	90% Healthy Rabbit Pro, Heu <i>ad lib</i> , Wasser <i>ad libitum</i> , OT
D	NTHRP	90% Healthy Rabbit Pro, Heu <i>ad lib</i> , Wasser <i>ad libitum</i> , NT
E	OTPet90	90% Petersilie, Heu <i>ad libitum</i> , Wasser <i>ad libitum</i> , OT
F	NTPet90	90% Petersilie, Heu <i>ad libitum</i> , Wasser <i>ad libitum</i> , NT
G	OTPet50	Grasheu <i>ad libitum</i> , 50% Petersilie, Wasser <i>ad libitum</i> , OT
H	NTPet50	Grasheu <i>ad libitum</i> , 50% Petersilie, Wasser <i>ad libitum</i> , NT
I	OTKöPet33	Grasheu <i>ad libitum</i> , 33% Körnermüesli, 33% Petersilie, Wasser <i>ad libitum</i> , OT
J	NTKöPet33	Grasheu <i>ad libitum</i> , 33% Körnermüesli, 33% Petersilie, Wasser <i>ad libitum</i> , NT
K	OTKöPet12h	Grasheu <i>ad libitum</i> , 33% Körnermüesli, 33% Petersilie, Wasser 12h, OT
L	NTKöPet12h	Grasheu <i>ad libitum</i> , 33% Körnermüesli, 33% Petersilie, Wasser 12h, NT
M	OTKöPet6h	Grasheu <i>ad libitum</i> , 33% Körnermüesli, 33% Petersilie, Wasser 6h, OT
N	NTKöPet6h	Grasheu <i>ad libitum</i> , 33% Körnermüesli, 33% Petersilie, Wasser 6h, NT
O	WahlKöPet	Grasheu <i>ad libitum</i> , 33% Körnermüesli, 33% Petersilie, Wahlversuch, <i>ad libitum</i>

OT = Offentränke, NT = Nippeltränke, % beziehen sich auf den geschätzten Energiebedarf (nach Kamphues et al. 2009)

Tabelle 16. Versuchsphasen Gruppe B.

a	OTPelI	90% pelletiertes Mischfutter, Heu <i>ad libitum</i> , Wasser <i>ad libitum</i> , OT
b	NTPell	90% pelletiertes Mischfutter, Heu <i>ad libitum</i> , Wasser <i>ad libitum</i> , NT
c	OTKö90	90% Körnermüesli, Heu <i>ad libitum</i> , Wasser <i>ad libitum</i> , OT
d	NTKö90	90% Körnermüesli, Heu <i>ad libitum</i> , Wasser <i>ad libitum</i> , NT
e	OTKö70Pet20	70% Körnermüesli, 20% Petersilie, Heu <i>ad libitum</i> , Wasser <i>ad libitum</i> , OT
f	NTKö70Pet20	70% Körnermüesli, 20% Petersilie, Heu <i>ad libitum</i> , Wasser <i>ad libitum</i> , NT
g	OTKöPet45	45% Körnermüesli, 45% Petersilie, Heu <i>ad libitum</i> , Wasser <i>ad libitum</i> , OT
h	NTKöPet45	45% Körnermüesli, 45% Petersilie, Heu <i>ad libitum</i> , Wasser <i>ad libitum</i> , NT
i	OTKö50	Grasheu <i>ad libitum</i> , 50% Körnermüesli, Wasser <i>ad libitum</i> , OT
j	NTKö50	Grasheu <i>ad libitum</i> , 50% Körnermüesli, Wasser <i>ad libitum</i> , NT
k	OTKö12h	Grasheu <i>ad libitum</i> , 50% Körnermüesli, Wasser 12h, OT
l	NTKö12h	Grasheu <i>ad libitum</i> , 50% Körnermüesli, Wasser 12h, NT
m	OTKö6h	Grasheu <i>ad libitum</i> , 50% Körnermüesli, Wasser 6h, OT
n	NTKö6h	Grasheu <i>ad libitum</i> , 50% Körnermüesli, Wasser 6h, NT
o	WahlKö	Grasheu <i>ad libitum</i> , 50% Körnermüesli, Wasser <i>ad libitum</i> , Wahlversuch

OT = Offentränke, NT = Nippeltränke % beziehen sich auf den geschätzten Energiebedarf (nach Kamphues et al. 2009)

Eine Phase war stets nach dem gleichen Schema aufgebaut. Messungen fanden jeweils an den Tagen 3-15 statt (Tabelle 17).

Tabelle 17. Aufbau der Versuchsphasen.

Tag														
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Übergangsperiode:		Messperiode 1:									Messperiode 2:			
Haltung in Boxen mit Einstreu, Futterumstellung ohne Messung, Kontrolle von Allgemeinzustand, Kot- und Harnabsatz		Haltung in Boxen mit Einstreu, Messung von Futter - und Wasseraufnahme, , Kontrolle von Allgemeinzustand, Kot- und Harnabsatz, einmalige Wägung									Haltung in Metabolismuskäfigen, Messung von Futter- und Wasseraufnahme, dazu Sammlung von Kot und Urin, Kontrolle von Allgemeinzustand, an Anfang und Ende Gewichtsmessung, am Ende Blutentnahme.			

Um umweltbedingte Fehlschlüsse zu vermeiden, hatten nicht alle Zwergkaninchen gleichzeitig dieselbe Fütterung, sondern die Phasen wurden zeitlich verschoben begonnen. Die Phasen mit Wasserrestriktion wurden mit mindestens einer Phase Abstand durchgeführt. Aus organisatorischen Gründen wurden die Phasen mit zwölfstündigem Wasserentzug an den Schluss des Versuchs gestellt (Tabelle 18).

Tabelle 18. Ablauf der einzelnen Phasen für jedes Kaninchen, wobei die ersten 6 Kaninchen die Gruppe A, die zweiten 6 die Gruppe B darstellen. Die grau hinterlegten Felder markieren diejenigen Versuchsphasen mit Wasserrestriktion.

Kaninchen	Intervall														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	O	N	A	B	G	M	H	E	F	C	D	I	K	J	L
2	O	D	C	N	A	B	G	M	H	F	E	I	K	J	L
3	O	F	E	C	D	N	A	B	G	M	H	I	K	J	L
4	O	M	H	F	E	D	C	N	B	A	G	J	L	I	K
5	O	B	A	G	M	H	E	F	C	D	N	J	L	I	K
6	O	G	M	H	E	F	D	C	N	B	A	J	L	I	K
7	o	n	c	d	e	m	f	a	b	g	h	j	k	i	l
8	o	h	g	n	d	c	e	m	f	a	b	j	k	i	l
9	o	a	b	h	g	n	c	d	e	m	f	j	k	i	l
10	o	m	f	b	a	h	g	n	d	c	e	i	l	j	k
11	o	c	d	e	m	f	b	a	g	h	n	i	l	j	k
12	o	e	m	f	b	a	g	h	n	d	c	i	l	j	k

5.2 Versuchstiere

Anfang Januar 2009 wurden bei einer privaten Züchterin 12 Zwergkaninchen verschiedenen Alters und Geschlechts bezogen, an der Klinik für Zoo-, Heim- und Wildtiere am Tierspital Zürich untersucht, gewogen und mit Fotografie und Beschreibung identifiziert. Mittels einer Blutentnahme wurden die Ausgangswerte von Hämatokrit, Totalprotein, Albumin, Na, K, Ca, P, Cl, Mg, Harnstoff und Creatinin bestimmt. Mittels ultrasonographischer Untersuchung von Harnblase und Niere wurden klinische Veränderungen ausgeschlossen. Für die Untersuchungen wurden stets dieselben Protokolle verwendet (siehe Abbildungsanhang Abbildungen 41 und 42).

Ergebnisse der Eintrittsuntersuchung: Alle 12 Kaninchen waren klinisch unauffällig und wurden als versuchstauglich eingestuft.

Gruppenzusammensetzung: Die 12 Zwergkaninchen wurden möglichst gleichmässig nach Alter, Geschlecht und Gewicht zwei Gruppen zugeteilt, welche somit aus folgenden Tieren bestanden (Tabelle 19).

Tabelle 19. Versuchskaninchen.

Kaninchen	Rasse Farbe	Geschlecht	Alter	Startgewicht	Gruppe
1	Farbenzwerg blauloh	weiblich intakt	9 Mt.	1070 g	A
2	Farbenzwerg blauloh	männlich intakt	9 Mt.	1080 g	A
3	Farbenzwerg rotbraun	weiblich intakt	7 Mt.	1450 g	A
4	Farbenzwerg rotbraun	weiblich intakt	7 Mt.	1370 g	A
5	Farbenzwerg blauloh	weiblich intakt	9 Mt.	1270 g	A
6	Zwergwidder siam	weiblich intakt	2 J. 8 Mt.	2110 g	A
7	Farbenzwerg rotbraun	weiblich intakt	7 Mt.	1360 g	B
8	Farbenzwerg blauloh	männlich intakt	9 Mt.	1090 g	B
9	Farbenzwerg scheck	weiblich intakt	3 J. 9 Mt.	1235 g	B
10	Zwergwidder grauscheck	weiblich intakt	3 J. 9 Mt.	1870 g	B
11	Zwergwidder satin	weiblich intakt	9 Mt.	1380 g	B
12	Zwergwidder grauscheck	männlich kastriert	5 J. 7 Mt.	1470 g	B

5.3 Haltung

Die Zwergkaninchen wurden an der Landwirtschaftlichen Schule Strickhof in Lindau gehalten (Abbildung 5). Eine Fensterfront sorgte für Tageslicht, es wurde kein künstlicher Lichtzyklus erzeugt. Der Raum wurde mittels zwei Elektroöfen beheizt, sodass die Temperatur nie unter

11 °C sank. Raumtemperatur und Luftfeuchtigkeit wurden täglich gemessen. Aufnahme der Caecotrophen war den Tieren zu jedem Zeitpunkt des Versuchs möglich.



Abbildung 5. Kaninchenstallungen am Strickhof, Lindau.

5.3.1 Gehege

Eingestreute Buchten: Jedem Versuchstier stand eine oben offene Bucht von 97 cm x 130 cm zur Verfügung. Der Boden war bei 6 Tieren (2, 3, 7, 9, 10, 12) ausschliesslich aus Holz, bei den anderen 6 Tieren (1, 4, 5, 6, 8, 11) nur zu einem kleinen Teil aus Holz, sonst aus Beton. Die Wände bestanden aus Holz und im oberen Teil der Seitenwände teilweise aus Gitternetz. Ebenfalls aus Holz war das in 28 cm Höhe angebrachte, 25 cm breite Brett, auf welchem Futter und Wasser angeboten wurden. Zusätzlich befand sich in jeder Box ein hölzerner Unterschlupf (40 cm x 30 cm x 28 cm, Eingang 15 cm x 19 cm). Als Einstreu wurden überwiegend gepresste Hobelspäne (Euro-Einstreu, Holzindustrie Schlitz GmbH & Co. KG, Schlitz, Deutschland) und teilweise dazu Holzschnitzel (H. Baumgartner & Sohn AG, Lindau, Schweiz) verwendet. Die Tiere wurden während des ganzen Versuchs einzeln gehalten, hatten aber zu je zwei Nachbartieren Kontaktmöglichkeiten über insgesamt 6 Löcher in den Wänden (Durchmesser 5 cm, auf ca. 8 cm Höhe angebracht) (Abbildung 6).

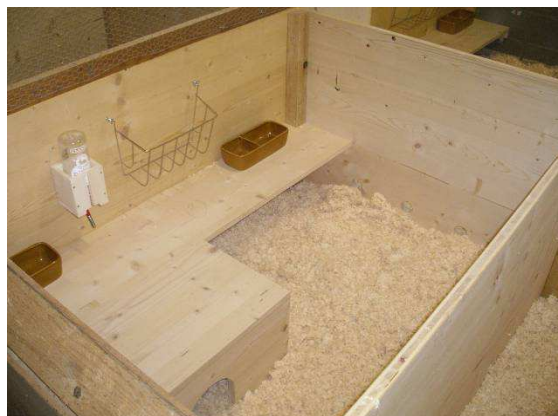


Abbildung 6. Einrichtung der offenen Buchten.

Stoffwechselkäfige: Während der Messperiode 2 befanden sich die Tiere einzeln in Stoffwechselkäfigen. Es wurden zwei verschiedene Modelle verwendet:

Modell A mass 53 cm x 43 cm x 40 cm, war nur gegen vorne offen (Gitter) und hatte einen Lochboden (Durchmesser der Löcher 15 mm).

Modell B wurde nur für 3 Tiere (3, 4 und 5) verwendet, mass 59 cm x 49 cm x 54 cm und war auf allen Seiten offen (Maschenweite des Bodens: 12 mm x 12 mm, Front mit Gitterstäben). Daher wurden diese drei Käfige mit Plastikhäuschen (Cocoon, 35,4 x 26,5 x 16 cm, TRIxie Heimtierbedarf GmbH & Co KG, Tarp, Deutschland) ausgestattet.

Unter den Stoffwechselkäfigen befand sich ein Fliegengitter (2 x 2 mm Maschen), auf welchem Kot und Futterreste liegenblieben, darunter wurde der Harn in einer Kunststoffwanne aufgefangen. Die Kunststoffwanne wurde durch Unterlegen von zwei 2 cm hohen Holzklötzchen auf der vorderen Seite in eine geneigte Lage gebracht, sodass der Urin zusammenfloss (um übermässige Verdunstung zu vermeiden). In Modell B wurde mittels Plastikmäppchen ein System konstruiert, sodass die Kaninchen nicht neben die Auffangwanne urinieren sollten. In den Stoffwechselkäfigen wurden dieselben Futter- und Tränkegeschirre verwendet wie in den offenen Buchten (Abbildung 7, Abbildung 8).



Abbildung 7. Einrichtung der Stoffwechselkäfige, Modell A.



Abbildung 8. Einrichtung der Stoffwechselkäfige, Modell B.

5.3.2 Fütterung

Als Futtergeschirre wurden zweigeteilte Tongeschirre (Landi, Schweiz) verwendet, die auch als Offentränke dienten. Die Futtergeschirre wurden stets auf dem erhöhten Brett in eine Ecke gestellt, so weit als möglich von der Tränke entfernt. Als Heuraufe diente das Modell von Swisspet (Delphin-Amazonia AG, Münchenstein, Schweiz) mit den Massen 28 cm x 19 cm (Gitterabstand 4 cm, an breiter Stelle 6.5 cm). Die Heuraufe befand sich ungefähr in der Mitte des erhöhten Bretts und lang somit zwischen Tränke und Futtergeschirr. In den Stoffwechselkäfigen wurde die Heuraufe an einer Seitenwand befestigt und das Futtergeschirr entweder direkt darunter oder nahe davon in die hintere Ecke gestellt.

Für die Rationsberechnung wurden die Nährstoffangaben nach Kamphues *et al.* (2009) und, wo vorhanden, die Herstellerangaben verwendet. Folgende Futtermittel wurden in den oben beschriebenen Kombinationen eingesetzt:

Heu: Für die Rationsberechnung angenommene Werte: 860 g TS/kg, 5.42 MJ DE /kg uS.

Frische Petersilie: Für die Rationsberechnung angenommene Werte: 181 g TS/kg, 1.88 MJ DE/kg uS. Lieferung einmal wöchentlich, Lagerung bei 5 °C.

Körnermischung: Hobby Cornmix (Landi, Dotzingen, Schweiz): Für die Rationsberechnung angenommene Werte: 875 g TS, 10.2 MJ DE/kg uS.

Healthy Rabbit Pro (Oxbow Enterprises, Inc., Murdock, USA): Für die Rationsberechnung angenommene Werte: 860 g/kg, 9 MJ DE/kg uS .

Pelletfutter für Laborkaninchen (Alleinfuttermittel für Kaninchen und Meerschweinchen, Provimi Kliba SA, Kaiseraugst, Schweiz): Für die Rationsberechnung angenommene Werte: 880 g TS, 9 MJ DE/kg uS.

Gefüttert wurde einmal täglich, jeweils morgens. Das Futter wurde mit einer Küchenwaage (Missil ML0301, Bengt EK, EK Inter AG, Rothenburg, Schweiz, 1 g, max. 3 kg) ein- und am folgenden Morgen ausgewogen. Um die Austrocknung der Petersilie zu erfassen, wurde jeweils eine Blindprobe bereitgestellt (rund 20 g jeden Tag). Die Rationsberechnung erfolgte jeweils zu Beginn einer neuen Versuchsphase mit dem aktuellen Körpergewicht, nach 4 Versuchsphasen wurde ein Sollgewicht für jedes Tier bestimmt (meist das Startgewicht), nach welchem die Rationen von da an berechnet wurden. Der Energiebedarf wurde nach der Formel: Verdauliche Energie in kJ = $440 \times \text{kg Körpergewicht}^{0.75}$ berechnet (Kamphues *et al.* 2009) und die Rationen, wie in Tabelle 15 und Tabelle 16 dargestellt, verabreicht.

5.3.3 Tränke

Als Tränken wurden folgende zwei Systeme verwendet:

Tongeschirre (Rössler Porzellan AG, Ersigen BE, Schweiz) 23 cm x 8.5 cm x 4.5 cm, Inhalt: 7.8 dl, Gewicht: ca. 1100 g, tatsächliche Füllung 4.5-6 dl. Die Tongeschirre standen jeweils in der vorderen Ecke auf dem erhöhten Brett und waren damit so weit als möglich vom Heu entfernt, um Verschmutzung vorzubeugen.

Nippeltränke (Classic Heimtiertränke, large bunny, Pet products, Grossbritannien), 18 cm hoch, 6.5 cm Durchmesser, maximaler Inhalt: 6.2 dl, Durchmesser des Nippels 7 mm, Gewicht: 46 g, welche in einer Holzhalterung angeboten wurden. Die Nippeltränken wurden während des Wahlversuchs in einer Höhe von 7-10 cm installiert (Höhe des unteren Nippelrandes über dem Brett). In der anschliessenden Phase wurde eine zweite Nippelflasche auf einer Höhe von 12-16 cm Höhe angebracht, sodass die Tiere zwischen zwei verschiedenen Höhen wählen konnten. In den folgenden Versuchsphasen wurde nur noch die vom jeweiligen Tier bevorzugte Höhe verwendet.

Nippel- und Offentränke standen im Wahlversuch jeweils nahe beieinander. Bei der einen Hälfte der Tiere war die Nippeltränke dem Futter näher, bei der anderen Hälfte die Offentränke. Dasselbe System wurde beim Wahlversuch zwischen den verschiedenen Höhen eingesetzt (Abbildung 9).

Das Wasser wurde einmal täglich, jeweils morgens, gewechselt. Um die Verdunstung miteinzuberechnen wurde jeweils eine Blindprobe im Raum mitgemessen. In den Versuchsphasen mit zeitlich eingeschränktem Wasserangebot wurde das Wasser morgens als erstes zu den jeweiligen Tieren gestellt und nach 6 bzw. 12 h wieder herausgenommen

und gleich ausgewogen. Das Futter erhielten diese Tiere etwas später, aber immer so, dass sie das Futter noch vor dem Herausnehmen der Tränke fressen konnten (abgesehen vom Heu, welches *ad libitum* zur Verfügung stand).

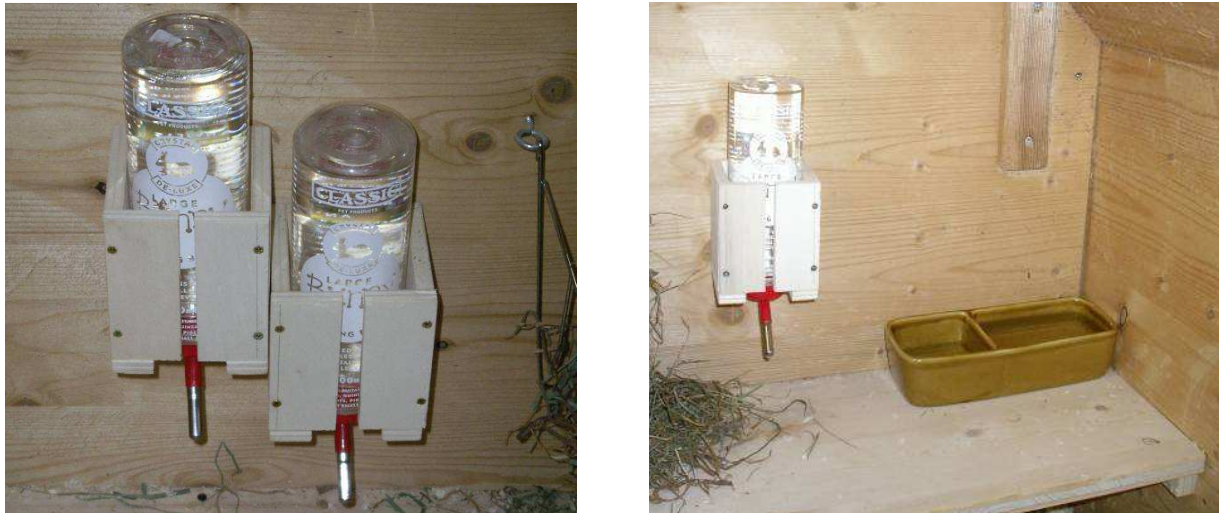


Abbildung 9. Tränkesysteme in der offenen Bucht, links während des Wahlversuchs zwischen zwei Nippeltränken in unterschiedlicher Höhe, rechts während des Wahlversuchs zwischen den beiden Tränkesystemen Offen- und Nippeltränke.

5.3.4 Reinigung

Vor dem Einstellen wurden die Boxen und Stoffwechselkäfige gereinigt und desinfiziert (Neopredisan 135-1, Vital AG, Oberentfelden, Schweiz). Nasse und verschmutzte Einstreu wurde täglich entfernt, monatlich wurde die gesamte Einstreu gewechselt.

Die Futter- und Tränkegeschirre aus Ton wurden täglich mit einem trockenen Lappen ausgerieben, dazu ein- bis zweimal wöchentlich mit Abwaschmittel gründlich gereinigt. Die Nippelflaschen wurden einmal wöchentlich mit einer speziell dafür entwickelten Bürste (Bottle Brush, Savic nv, Heule, Belgien) ausgerieben, mit warmem Wasser ausgespült und die Nippelaufsätze einige Minuten in Essig eingelegt und mit Wasser nachgespült. Der Verschmutzungsgrad der Offentränken wurde täglich festgehalten. Dabei wurden subjektiv drei Grade unterschieden: sauber, leicht verschmutzt, stark verschmutzt (Abbildung 10).



Abbildung 10. Verschmutzungsgrade: von links nach rechts: sauber, leicht verschmutzt, stark verschmutzt.

5.4 Überwachung der Versuchstiere

5.4.1 Vorgehen

Der Allgemeinzustand, Kot- und Harnabsatz der Tiere wurden täglich überprüft und in den Protokollen vermerkt. Auch allfällige Verhaltensänderungen wurden notiert. Sobald eines der Kaninchen Anzeichen einer Krankheit zeigte (Inappetenz, Apathie, Augenausfluss), wurde es von der Betreuungsperson untersucht und bei Bedarf an die Klinik für Zoo-, Heim- und Wildtiere am Tierspital Zürich gebracht, wo es von einer erfahrenen Fachperson untersucht und entsprechend behandelt wurde.

Das Gewicht der Tiere wurde pro Versuchsphase dreimal erhoben: an Tag 1, Tag 6 und Tag 12. Zur Gewichtsbestimmung diente eine Hängewaage (Kern MH10K10, Kern & Sohn GmbH, Balingen, Deutschland, 5 g, max. 10 kg). Anhand des Gewichts von Tag 1 wurde jeweils die Futterration der kommenden Phase berechnet (bis zur Versuchsphase 4, anschliessend Sollgewicht).

5.4.2 Vorkommnisse

Am dritten Tag der Futterumstellung von der ersten in die zweite Versuchsphase zeigte Kaninchen 12 Anorexie und Apathie, sowie ein aufgetriebenes Abdomen. Die Fütterung war zu dem Zeitpunkt auf 25% Petersilie und 75% Körner, wobei letzteres *ad libitum* verabreicht werden sollte. Das Tier wurde zur genaueren Abklärung und Überwachung an die Klinik gebracht. Palpation und ein Röntgenbild zeigten, dass sich das Tier überfressen hatte an den Körnern. Es wurde mit 30 mg Metamizol (17.5 mg/kg s.c., Vetalgin® N ad us. vet., Injektionslösung, Veterinaria AG, Zürich, Schweiz), 60 ml subkutaner Infusion (Ringer Lactat, Fresenius Kabi (Schweiz) AG, Stans, Schweiz), 1g Bene-Bac™ (0.6 g/kg p.o., PetAg Inc., Hampshire, USA) behandelt, sowie mit 10 ml Critical Care® (Oxbow Enterprises, Inc., Murdock NE, USA) gefüttert. Kaninchen 12 erholte sich rasch und konnte am nächsten Tag bei gutem Allgemeinbefinden und Appetit wieder zurück in den Stall. Auf den Vorfall hin wurden sämtliche Rationen, welche kein Heu enthielten, abgeändert, sodass die jeweiligen Futtermittel max. 90% des Energiebedarfs decken konnten und dazu immer *ad libitum* Heu angeboten wurde.

Nach 5 Monaten wurden bei allen Kaninchen leichte bis mittelgradige Pododermatitiden an der Ferse festgestellt, die während drei Wochen lokal mit Heparinoidum MPS (Hirudoid®Creme, Medinova AG, Zürich, Schweiz) und anschliessend wegen ungenügender

Besserung mit Zinkoxid (ZinCream Medinova®, Medinova AG, Zürich, Schweiz) behandelt wurden. Die Ursache waren vermutlich die 4-tägigen Aufenthalte in den Stoffwechselkäfigen.

5.5 Probenentnahme und Aufbereitung

5.5.1 Futter

Einwaage:

Körner: Jeweils zu Beginn der Messperiode 2 wurde eine 150 g Probe der Körnermischung entnommen und anschliessend bei -21 °C bis zur Analyse in einer Aluminiumschale gelagert.

Heu: Täglich wurden während den Stoffwechselphasen ungefähr 125 g Heu in einen offen gelassenen Plastikbeutel verpackt und bei -21 °C bis zur Analyse gelagert.

Pellets für Laborkaninchen, Healthy Rabbit Pro: Von jedem neuen Sack wurde eine Probe von ungefähr 150 g, bzw. 50 g (Healthy Rabbit Pro), entnommen, Lagerung wie die Körner.

Petersilie: Täglich wurden während den Messperioden 2 ungefähr 125 g Petersilie in einen Plastikbeutel verpackt und bei -21 °C bis zur Analyse gelagert.

Auswaage:

Körner: Reste wurden in Aluminiumschalen verpackt und bei -21 °C bis zur Analyse gelagert

Heu: Die Käfige wurden täglich so gut als möglich von allen Heuresten befreit, v.a. aber das auf den Fliegengittern liegende Heu aufgesammelt und nach dem Wägen in offen gelassenen Plastiktüten gelagert bei Raumtemperatur. Am Schluss jeder Stoffwechselphase wurden die von 4 Tagen gepoolten Proben von jedem Tier zur Lagerung bis zur Analyse (-21 °C) in den Tiefkühler gebracht.

Pellets für Laborkaninchen, Healthy Rabbit Pro: Reste wurden ausgewogen, aber nicht für Analysen aufbewahrt.

Petersilie: Reste wurden vom Gitter und aus den Käfigen gesammelt, gewogen und in Aluminiumschalen bei -21 °C zur Analyse aufbewahrt.

5.5.2 Kot

Während der viertägigen Stoffwechselkäfigphasen wurde jeweils morgens der Kot vom Fliegengitterrost abgesammelt und so exakt als möglich vom Heu getrennt. Der Kot wurde mit einer Küchenwaage gewogen (Missil ML0301, Bengt EK, EK Inter AG, Rothenburg, Schweiz, 1 g, max. 3 kg) und anschliessend in beschrifteten und tarierten Aluminiumschalen

bei -21 °C tiefgefroren aufbewahrt. Die Schalen wurden während der Messungen der folgenden Tage jeweils wenige Stunden bei Zimmertemperatur gelagert, bis sie gefüllt waren, und wieder eingefroren. Die Kotproben wurden über die 4 Tage gepoolt gesammelt.

5.5.3 Urin

Der Harn wurde mittels einer 50 ml Spritze aus den Plastikwannen der Stoffwechselkäfige gesogen, nachdem das Sediment aufgerührt und wenn nötig durch wiederholtes aufziehen und wieder ausspritzen vom Wannenboden so gut als möglich gelöst worden war. In der Spritze wurde das Volumen ermittelt, bevor der Urin dann in 5 dl Petflaschen (zuvor für Mineralwasser gebraucht) abgefüllt und mit einer Küchenwaage (Missil ML0301, Bengt EK, EK Inter AG, Rothenburg, Schweiz, 1g, max. 3kg) gewogen wurde. Aufbewahrt wurde der Urin bei -21 °C. Täglich wurde der neue Urin in einer Transportpetflasche gewogen und zum tiefgekühlten dazugegeben.

5.5.4 Wasser

Am 12.2.09 wurden 1.1 l vom Trinkwasser (Leitungswasser) in eine 1.5 l Petflasche gefüllt und bei -21 °C bis zur Analyse tiefgefroren.

5.5.5 Blut

Beim Austritt aus den Stoffwechselkäfigen wurde von jedem Tier eine Blutprobe genommen. Im Allgemeinen wurde dazu die *Vena saphena lateralis* verwendet; falls dort eine Entnahme nicht möglich war, wurde versucht, aus der *Vena auricularis* Blut zu gewinnen. Zur Punktion wurden 21 G Butterfly-Kanülen (Venovif® A, Braun, B. Braun Melsungen AG, Melsungen, Deutschland) und 25 G Kanülen (Neolus, Terumo, Leuven, Belgien) verwendet. Am Bein wurde das Blut in eine 2 ml Spritze aufgezogen und aus dieser in ein 0.2 ml EDTA- und ein 5ml Serumröhrchen (0.5-1.5 ml Blut) umgefüllt, während das Blut vom Ohr direkt ab der Kanüle ins Röhrchen getropft wurde.

5.6 Analytik

Alle Futter- und Kotproben wurden bei 60 °C während mind. 48 h getrocknet (Vulkan Trocknungsschrank, Elektroapparate Fabrik AG, Rorschach, Schweiz) und anschliessend gewogen (Mettler 4800 DeltaRange®, 0.01 g, max. 3 kg, Mettler-Toledo GmbH, Greifensee, Schweiz). Die Proben wurden bis zur weiteren Verarbeitung bei Raumtemperatur gelagert.

Alle Kotproben und die Futtereinwaageproben wurden mit einer Schlagrotormühle (Retsch Mühle, Retsch GmbH, Haan, Deutschland) gemahlen (Mahlsieb 1.0 mm) und in Plastikbehälter abgefüllt.

5.6.1 Futteranalyse:

Die Futtereinwaageproben wurden nach dem Mahlen mittels Weender-Analyse auf ihre Nährstoffe untersucht. Die Futterauswaage wurde nicht weiter untersucht, in der Annahme, die Zusammensetzung habe sich nicht stark verändert. Der Wassergehalt wurde allerdings über die Trockensubstanz (bei 60 °C) bei allen Proben berechnet. Der bei der Einwaageprobe bestimmte Koeffizient von TS60 °C/TS105 °C wurde auf die Auswaageproben übertragen. Alle im Folgenden beschriebenen Wiegeungen wurden mittels einer Analysenwaage (Mettler AE200, Mettler Toledo GmbH, Greifensee, Schweiz, 0.1 mg, max. 200 g) durchgeführt. Als Ausgangssubstanz für alle Analysen diente das bei 60 °C getrocknete Material.

Trockensubstanz: Eine 1-2 g schwere Probe wurde für mind. 3 h bei 105 °C bis zur Gewichtskonstanz getrocknet (Heraeus, UT 6060; Honau, Deutschland), im Exsikkator ausgekühlt und rückgewogen.

Rohasche: Die durch die Trocknung bei 105 °C gewonnene Probe wurde bei 550 °C (30400 Furnace, Thermolyne Barnstead; Thermo Fisher Scientific Inc., Waltham, USA) während 16 h verascht, im Exsikkator erkalten gelassen und anschliessend rückgewogen.

Rohprotein: Eine 1-2 g schwere Probe wurde mit 2 Special Kjeltab (Katalysator 3.5 g K₂SO₄ und 0.4 g CuSO₄ pro Tablette) und 12.5 ml konzentrierter Schwefelsäure bis zum Farbumschlag bei 420 °C verascht. Nach Zugabe von 50 ml demineralisiertem Wasser wurden die Proben mit dem Kjeltac Analyser (2300 Kjeltac Analyser Unit, Foss; Gerber Instruments, Effretikon, Schweiz) auf den Stickstoffgehalt analysiert. Um den Proteingehalt zu errechnen, wurde der N-Gehalt mit dem Faktor 6.25 multipliziert.

Rohfett: Eine Probe von 1-2 g wurde in 8% Salzsäure 1 h hydrolysiert (Foss Soxtec System, 2047 SoxCap; Gerber Instruments, Effretikon, Schweiz) und anschliessend mit demineralisiertem Wasser gespült. Nach 90min Trocknen bei 105 °C wurde das Fett im Extraktionsgerät (2050 Soxtec Auto Extraction Unit, Foss Tecator; Gerber Instruments, Effretikon, Schweiz) mittels Petroläther extrahiert und durch Wägen bestimmt.

Rohfaser: Eine 1-2 g Probe wurde auf Quarzsand in einen Spezialtiegel eingewogen und mittels Fibertec (Foss FibertecTM 2010; Gerber Instruments, Effretikon, Schweiz) 30 min mit

1.25% Schwefelsäure gekocht, mit demineralisiertem Wasser gespült, anschliessend ebenfalls 30 min in 1.25% Kalilauge gekocht und wiederum mit Aqua dem. gespült. Im Anschluss wurden die Proben mit Aceton entfettet und zuerst bei 130 °C (Wärmeschrank, Memmert GmbH & Co. KG, Schwabach, Deutschland) während 2 h getrocknet und schliesslich bei 550 °C während 16 h verascht. Der Rohfasergehalt wurde durch Wägung der Differenz von vor und nach dem Veraschen bestimmt.

Stickstofffreie Extraktstoffe: Sie wurden rein rechnerisch bestimmt als Differenz von Rohfaser, Rohasche, Rohfett und Rohprotein zu 100.

NDF: Eine ungefähr 1 g schwere Probe wurde auf Quarzsand eingewogen und zweimal mit Aceton und anschliessend mit Wasser gespült. Die Proben wurden dann im Extrahiergerät (Fibertec™ 2010, hot extractor, Gerber Instruments, Effretikon, Schweiz) mit Phosphatpuffer (3 g di-Natriumhydrogenphosphat, 20 g Natriumdihydrogenphosphat ad 2 l Aqua dem.) unter Zugabe von Termamyl 15 min gekocht und nach mehrfacher Spülung mit demineralisiertem Wasser in NDF-Lösung (60 g Natriumdodecylsulfat, 37.2 g EDTA, 13.6 g di-Natriumtetraboratdecahydrat, 9.1 g di-Natriumhydrogenphosphat, 20 ml 2-Ethoxy-Ethanol) ad 2 l Aqua dem.) eine Stunde weitergekocht. Die Proben wurden schliesslich wiederum mehrmals mit demineralisiertem Wasser, dann zweimal mit Aceton gespült und während mind. 3 h bei 105 °C getrocknet vor der abschliessenden Veraschung bei 550 °C während ebenfalls mind. 3 h. Der NDF-Gehalt wurde durch Wägung der Differenz von vor und nach dem Veraschen bestimmt.

ADF/ADL: Sie wurden nach dem gleichen Verfahren wie die NDF bestimmt, allerdings wird statt NDF-Lösung eine ADF/ADL-Lösung (55.5 ml 97.5% Schwefelsäure, 40 g Hexadecyl-Trimethylammoniumbromid ad 2 l Aqua dem.) verwendet. Nach der Trocknung bei 105 °C wurden die Proben mit 72%iger Schwefelsäure überschichtet und während 3 h alle 30 min umgerührt, bevor sie mit demineralisiertem Wasser gespült wurden. Die Proben wurden ein weiteres Mal bei 105° getrocknet vor der anschliessenden Veraschung. ADF wurde aus der Differenz zwischen der ersten Wägung (nach dem ersten Trocknen) und der Veraschung berechnet, ADL aus der zweiten Wägung und der Veraschung.

Mineralstoffe: Die Rohasche wurde in 10 ml 8%iger Salzsäure gelöst, zentrifugiert bei 20 °C und 3000 rpm (1590 g.) während 20 min (Sigma Tischkühlzentrifuge 4K15, Sigma Laborzentrifugen GmbH, Osterode am Harz, Deutschland), der Überstand abpipettiert und anschliessend mittels Cobas Mira Analysenautomat (Roche, Basel, Schweiz) auf Ca, P und Mg

Gehalte untersucht, sowie mittels Flammenphotometer (Flame Photometer 243, IG AG Zürich, Schweiz) auf den Na und K Gehalt getestet.

5.6.2 Kotanalyse

Sowohl Hartkot als auch Caecotrophe wurden getrennt auf Trockensubstanzgehalt, Rohasche und Mineralstoffe hin untersucht nach den gleichen Verfahren wie die Futtermittel.

5.6.3 Urinanalyse

Der Urin wurde nach dem Auftauen homogenisiert mittels Magnetrührer (Cimarec 2, ismatec, Barnstead/Thermolyne, Dubuque, Iowa, USA) und anschliessend auf Trockensubstanzgehalt, Rohasche und Mineralstoffe getestet. Da sich die Proben schlecht zentrifugieren liessen, wurde der Überstand über ein Filterpapier (MN616, Rundfilter 5.5 cm, Macherey-Nagel GmbH & Co. KG, Düren, Deutschland) abfiltriert.

5.6.4 Wasseranalyse

Das Wasser wurde nach dem Auftauen bei 105 °C getrocknet während 3 h und wie für die anderen Proben beschrieben auf Rohasche und Mineralstoffe untersucht.

5.6.5 Blutanalyse

Die Serumröhrchen wurden mind. 30min stehen gelassen, bevor sie 15 min mit 3000 rpm (1200 g.) zentrifugiert wurden (LC 1-K, SARSTEDT AG & Co., Nümbrecht, Deutschland). Das Serum wurde abpipettiert (Eppendorf Research 100, Vaudaux-Eppendorf AG, Schönenbuch, Schweiz) und in 5 ml Proberöhrchen abgefüllt. An Wochenenden wurde das Serum bei -18 °C eingefroren und am Tag darauf ans Labor des Tierspitals Zürich zur Analyse geschickt, während das EDTA-Blut zur Hämatokritbestimmung ins Notfalllabor des Tierspitals Zürich gebracht wurde und mittels Zentrifugation (3min bei 13000 rpm (18928 g.), Haematokrit20, Andreas Hettich GmbH & Co.KG, Tuttlingen, Deutschland) in Mikrohämatokritröhrchen der Hämatokrit bestimmt wurde. Fand die Blutentnahme unter der Woche statt, wurde nur die erste Hälfte des Serums selber zentrifugiert und abpipettiert, der Rest wurde unverändert ins Labor gebracht, wo es noch am selben Tag analysiert wurde (Cobas Integra 800, Roche Diagnostics, Rotkreuz, Schweiz). Auch der Hämatokrit wurde unter der Woche im Labor bestimmt (Sysmex XT-2000iV, Sysmex Corporation, Kobe, Japan).

Bei der 2. bzw. 3. Blutentnahme wurde das totale Calcium mit dem ionisierten Calcium verglichen, indem ein Tropfen Blut direkt nach Entnahme mittels iStat®EG7+ Cartridge (iStat®1 Analyzer, Abbott Point of Care Inc., Abbott Park, USA) untersucht wurde.

Nicht jedes Mal gelang es, von allen Tieren genügend Mengen Blut zu bekommen.

5.7 Datenerhebung und Statistik

Täglich wurden alle Messungen auf Notizprotokollen festgehalten und noch am gleichen oder am darauf folgenden Tag in die eigentlichen Protokolle übertragen. Für jedes Tier standen jeweils ein Protokoll zum Futter, eines zum Wasser und eines für Allgemeinbefinden, Kot und Urin zur Verfügung (siehe Abbildungsanhang: Abbildungen 43-45). Die Daten wurden mit Excel ausgewertet und graphisch dargestellt. Die statistischen Untersuchungen wurden mit Statistica (Version 7.1, StatSoft (Europe) GmbH, Hamburg, Deutschland) und PASW 18.0 (I1, SPSS Inc., Chicago, USA) durchgeführt. Mittels K-S-Test wurden die Daten auf Normalverteilung hin geprüft. Die Einflüsse von Wasserzugangsdauer, Tränke- und Fütterungsregime, sowie die Wahlversuche wurden mittels Generalized Linear Model mit repeated measures ANOVA getestet. Dabei wurden die Trockensubstanzaufnahme, die Wasseraufnahme und Kot- und Urinmengen pro kg metabolisches Körpergewicht ausgedrückt, um mögliche Einflüsse des Körpergewichts mit zu berücksichtigen. Da kein Unterschied zwischen Adaptations- und Stoffwechselphase festgestellt werden konnte, wurde mit dem Mittelwert über die gesamten 13 Versuchstage pro Phase gerechnet. Die Wahlversuche wurden nur während der Adaptationsphase ausgewertet, da die Anordnung der Tränken in den Stoffwechselkäfigen nicht vergleichbar war und sich die Tiere erst an die Käfige gewöhnen mussten. Da die Menge an Caecotrophen sehr klein war, wurde auf die statistische Auswertung verzichtet. Wasser- und TS-Gehalte von Caecotrophen wurden aber in die Berechnungen zur Gesamtausscheidung miteinbezogen. Weitere Einflüsse wie Temperatur und Rationszusammensetzung wurden mittels Spearman Correlation statistisch untersucht, sowie mittels Generalized Linear Model mit ANOVA auf Gruppenunterschiede getestet. Die Residuen wurden auf Normalverteilung und gleichmässige Varianz hin analysiert. Das Signifikanzniveau wurde bei allen Tests auf 0.05 gesetzt. In den Abbildungen sind jeweils der Mittelwert plus-minus das 95%-Vertrauensintervall dargestellt.

6 Resultate

6.1 Beobachtungen während des Versuchs

Der Versuch konnte wie geplant durchgeführt werden. Alle Kaninchen wurden am Schluss des Versuchs wieder der Züchterin zurück gebracht, die die Tiere zur Verfügung gestellt hatte.

6.1.1 Haltung

Temperatur und Luftfeuchtigkeit: Der Versuch dauerte von Januar 2009 bis September 2009. Die Raumtemperatur im Stall schwankte zwischen 11 °C und 26 °C (jeweils morgens gemessen), an warmen Tagen stieg die Temperatur nachmittags aber auch auf bis zu 30 °C an. Die mittlere Temperatur lag bei 19 °C, die mittlere Luftfeuchtigkeit bei 74%. Mindestens 46%, maximal 92% Luftfeuchtigkeit herrschte in dem Raum.

6.1.2 Verhalten

Die Kaninchen tolerierten die eingestreuten Buchten sehr gut und gewöhnten sich schnell an die neuen Bedingungen. Trotz Einzelhaltung wurden in diesen Boxen keine Stereotypen beobachtet. Die Möglichkeit der Kontaktaufnahme an den Schnupperlöchern wurde von einigen Tiere häufig genutzt, in den meisten Fällen handelte es sich dabei um neutrale und positive Verhaltensweisen, wie gegenseitiges Beschnuppern und „nebeneinander“ Liegen. Ein männliches Tier zeigte aggressives Verhalten gegenüber seinem Nachbartier, worauf die Löcher abgedeckt wurden. Ein anderer Rammler, der durch die Löcher mit einem intakten Weibchen Kontakt hatte, war hyperaktiv, worauf die Löcher ebenfalls zeitweise verschlossen wurden. In den Stoffwechselkäfigen zeigten sich bei etwa der Hälfte der Tiere Anzeichen von Stereotypen. Beobachtet wurden Gitternagen, repetitives Scharren in der Ecke bzw. an der Wand und Belecken der Käfigwand. Ein paar Tiere fielen durch vermehrte Inaktivität auf. Sobald die Kaninchen aber zurück in den eingestreuten Buchten waren, zeigten sie wieder ihr normales Verhalten. Die Blutentnahmen und die Wägungen wurden durch die Kaninchen im Allgemeinen gut toleriert und führten zu keinen Verhaltensänderungen. Die Hauptaktivität konnte einerseits morgens, bis und mit Mittagszeit, bei Verabreichung des Futters beobachtet werden und dann wieder vermehrt abends bzw. bis kurz nach Mitternacht. Einige Tiere waren aber auch tagsüber sehr aktiv, v.a. bei ausschliesslicher Heufütterung. Drei weibliche Kaninchen zeigten zwischenzeitlich Nestbauverhalten, was den

Versuch aber nicht beeinträchtigte. Ein Widderkaninchen, das vor dem Versuch in Gruppenhaltung mit den anderen Zwergwiddern gelebt hatte, sprang wiederholt zum Nachbarkaninchen, sodass die Wände der Boxe erhöht werden mussten. Bei heissem Wetter lagen die Tiere vermehrt auf dem frei gescharrten Boden oder auf der erhöhten Fläche statt in der Einstreu. Sie zeigten sich auch inaktiver als bei kühlerem Wetter.

6.1.3 Gewichtsentwicklung

Ein Kaninchen war am Schluss etwas leichter als zu Beginn des Versuchs, drei Tiere waren gleich schwer und die anderen acht Kaninchen waren schwerer. Zwei Tiere von diesen acht waren am Ende des Versuchs leicht obes.

6.1.4 Gesundheitszustand

Abgesehen von den bereits erwähnten Problemen eines Tieres nach Körnerfütterung *ad libitum* und der bei allen Kaninchen aufgetretenen Pododermatitis gab es keine Gesundheitsprobleme während des ganzen Versuchs. Das Allgemeinbefinden aller Kaninchen war stets gut, Futter- und Wasseraufnahme, sowie Kot- und Urinabsatz ohne besondere Vorkommnisse. Ein Tier zeigte rezidivierend wenig mukösen Augenausfluss, meist einseitig, aber nicht immer am gleichen Auge. Das Auge wurde mit feuchten Tupfern jeweils gereinigt und war ansonsten unauffällig. Bei der Austrittsuntersuchung wurden folgende Befunde notiert:

- 11 Tiere: leichtgradige Pododermatitis beider Hinterextremitäten, Zinksalbe zur Weiterbehandlung an die Züchterin abgegeben
- 3 Tiere: leichtgradig seröser Augenausfluss beidseits
- 3 Tiere: etwas mattes Fell, gerade im Fellwechsel
- 2 Tiere: wenig muköser Augenausfluss rechts bzw. beidseits
- 2 Tiere: leichte Obesitas
- 2 Tiere: das für den Eintrittsultraschall geschorene Fell war noch nicht nachgewachsen

6.1.5 Futteraufnahme

Wie bereits in Material und Methoden beschrieben, wurden alle Fütterungen ohne Heu in der zweiten Versuchsphase durch Regimes mit mind. 10% Heuanteil (bzw. Heu *ad libitum*) ersetzt. Alle Futtermittel wurden gut akzeptiert. Bevorzugt wurden von den meisten Tieren entweder die Körnermischung oder die frische Petersilie. Die pelletierten Futtermittel wurden nicht von allen Tieren gleich geschätzt, v.a. das Pelletfutter für Laborkaninchen

wurde nicht von allen Kaninchen restlos aufgefressen. Ein Tier liess ausserdem Reste an Körnerfutter und eines an Petersilie. Bei dem Kaninchen, das die Petersilie nicht vollständig frass, wurde ausnahmsweise das Heu limitiert angeboten, um den Konsum der Petersilie zu fördern. Bei der Körnermischung konnte eine starke Selektion beobachtet werden: Die meisten Tiere frassen zuerst den Körneranteil und erst am Schluss die Mineralpellets, die darin enthalten waren. Reste an Körnerfutter enthielten daher meist überproportional viele Pellets (Abbildung 11).



Abbildung 11. Körnerfutter - bei Fütterung (links) und 24h später (rechts) bei einem Tier, das das Futter nicht komplett frass.

Die Futterzusammensetzung variierte zwischen den einzelnen Tieren, da Heu *ad libitum* angeboten wurde. Für die durchschnittliche Zusammensetzung der Rationen sei auf den Anhang verwiesen (Abbildung 46 und 47).

6.1.6 Wasseraufnahme

An den Offentränken tranken die Kaninchen, indem sie davorsitzend den Kopf senkten und die arttypische schöpfende Bewegung mit dem Unterkiefer ausführten. Nach einigen Sekunden wurde jeweils der Kopf angehoben und das nasse Fell mit der Zunge geputzt, bevor der Trinkakt fortgeführt wurde. An den Nippeltränken wurden verschiedene Verhaltensweisen beobachtet (Abbildung 12). Allen gemeinsam war, dass mit der Zunge die Stahlkugel in regelmässigen schnellen Abläufen bewegt und das Wasser fortlaufend abgeschluckt wurde. Einige Kaninchen hielten den Kopf relativ gerade, indem sie gerade vor der Tränke sitzend tranken. Andere tranken mit schräg gestelltem Kopf, der leicht von unten an den Nippel herangeführt wurde. Die Kaninchen unterbrachen den Trinkvorgang dabei mehrmals. Ab und zu konnte beobachtet werden, dass die Tiere am Nippel herumzerren oder hinein bissen.



Abbildung 12. Wasseraufnahme von Zwergkaninchen an Offentränke (oben) und Nippeltränke (unten) (Fell lokal geschoren für Ultraschalluntersuchung).

Verschmutzung der Tränken: Die Nippeltränken verschmutzten makroskopisch kaum, sie wiesen aber regelmässig Kalkränder auf. Die Nippeltränken tropften gelegentlich. Eine Tränke verlor plötzlich sehr viel Wasser und musste ersetzt werden. Die Offentränken waren ab und zu verschmutzt, meist durch Heustücke, selten auch durch Kot oder Einstreu. Insgesamt wurde der Verschmutzungsgrad der Offentränken 1248-mal evaluiert (während 8 Versuchsphasen à 13 Messtage bei 12 Tieren) (Tabelle 20). Zum Verschütten (auch zu Verschmutzung) kam es vermehrt in den Stoffwechselkäfigen (Versuchsphase 2). V.a. ein Tier (Kaninchen 12) schien an der Tränke zu zerren, so dass grosse Wasserverluste auftraten und die Messungen zur Wasseraufnahme und Urinmenge nicht mehr aussagekräftig waren.

Tabelle 20. Verschmutzung und Wasserverluste durch Verschütten von Offentränken bei 12 Kaninchen während insgesamt 104 (72 d Versuchsphase 1 in Boxenhaltung, 32 d Versuchsphase 2 in Stoffwechselkäfigen) Messtagen pro Tier.

	Versuchsphase 1 (9 d)		Versuchsphase 2 (4 d)	
	verschmutzt	verschüttet	verschmutzt	verschüttet
	%	%	%	%
nein	84	96	58	93
wenig	15	3	31	3
stark	1	1	11	4

6.1.7 Kot

Der Hartkot unterschied sich makroskopisch deutlich je nach Fütterung (siehe Anhang Abbildung 48). Caecotrophie war während der ganzen Versuchsdauer erlaubt. In der Messperiode 1 wurden nur in Ausnahmefällen Caecotrophe gesehen. In den Stoffwechselkäfigen nahmen die Kaninchen die Caecotrophe auch mehrheitlich auf, allerdings kam es vor, dass Caecotrophe auf dem Auffanggitter gefunden wurden – vermutlich eher akzidentell.

6.2 Wahlversuch

Offentränke/Nippeltränke: Alle 12 Zwergkaninchen bevorzugten deutlich die Offentränke. Nur vier Tiere tranken überhaupt nennenswerte Mengen aus der Nippeltränke, aber auch diese vier tranken mehr Wasser aus der Offentränke (Abbildung 13). Bei allen anderen können die gemessenen Wassermengen durch Tropfverluste erklärt werden. Die aus der Offentränke getrunkene Wassermenge war signifikant höher als die aus der Nippeltränke getrunkene Menge (RM, $p < 0.001$). Der Effekt war deutlicher bei Kaninchen, die kein Frischfutter in der Ration hatten (RM, $p = 0.017$).

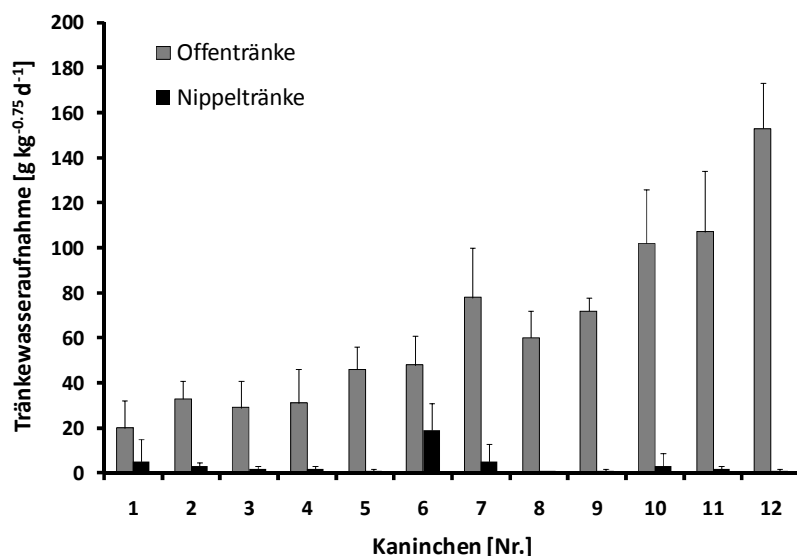


Abbildung 13. Wahlversuch zwischen Offen- und Nippeltränke bei 12 Kaninchen, durchschnittliche Tränkwasseraufnahme (+SD) aus 9 Tagen, n = 12; Kaninchen 1-6 mit Petersilie, Kaninchen 7-12 ohne Petersilie in der Ration.

Nippeltränke hoch und tief: Zwischen hoch und tief montierten Nippeltränken konnte kein signifikanter Unterschied gefunden werden. Zwar zeigte jedes Tier für sich eine klare Präferenz für die eine oder andere Tränke. Es konnten aber keine bestimmten Muster erkannt werden, auch nicht bezüglich Körpergewicht und Tränkehöhe.

6.3 Verschiedene Fütterungen bei ad libitum Wasserangebot

Unterschiede zwischen den einzelnen Fütterungen wurden mittels repeated measures ANOVA untersucht (Tabelle 21). Um den gefundenen Unterschieden zwischen den einzelnen Fütterungen weiter auf den Grund zu gehen, wurden verschiedene Generalized Linear Models (Tabelle 22, Tabelle 23, Tabelle 24 und Tabelle 26) und Spearman Correlations (Tabelle 25) berechnet. Tabellen mit allen Daten befinden sich im elektronischen Anhang.

Tabelle 21. Resultate aus der repeated measures ANOVA zu den Einflüssen von Tränke und Fütterung auf verschiedene Parameter bei 12 Kaninchen bei Fütterung von insgesamt 10 verschiedenen Futterregimes und ad libitum Trinkwasser. Signifikante Resultate sind mit * markiert.

abhängige Variable	between subjects effect		within subjects effects			
	Gruppe		Tränke		Fütterung	
Tränkwasseraufnahme [$\text{g kg}^{-0.75} \text{ d}^{-1}$]	F = 3.518	p = 0.093	F = 0.181	p = 0.680	F = 75.989	p < 0.001*
Futterwasseraufnahme [$\text{g kg}^{-0.75} \text{ d}^{-1}$]	F = 236.960	p < 0.001*	F = 0.031	p = 0.864	F = 335.924	p < 0.001*
Gesamtwasseraufnahme [$\text{g kg}^{-0.75} \text{ d}^{-1}$]	F = 36.206	p < 0.001*	F = 0.185	p = 0.678	F = 16.606	p < 0.001*
Wasser:TS-Aufnahme [g/g]	F = 8.145	p = 0.019*	F = 0.479	p = 0.506	F = 50.941	p < 0.001*
TS-Aufnahme [$\text{g kg}^{-0.75} \text{ d}^{-1}$]	F = 16.538	p = 0.002*	F = 0.786	p = 0.396	F = 13.932	p < 0.001*
Kotmenge [$\text{g kg}^{-0.75} \text{ d}^{-1}$]	F = 18.858	p = 0.001*	F = 5.028	p = 0.049*	F = 22.972	p < 0.001*
Kot-TS [% uS]	F = 5.786	p = 0.037*	F = 6.400	p = 0.030*	F = 1.767	p = 0.155
Urinmenge [$\text{g kg}^{-0.75} \text{ d}^{-1}$]	F = 7.976	p = 0.020*	F = 3.002	p = 0.117	F = 16.633	p < 0.001*
Urin-TS [% uS]	F = 0.749	p = 0.409	F = 1.560	p = 0.243	F = 6.922	p < 0.001*
Harnstoff [mmol l ⁻¹]	F = 31.483	p = 0.001*	F = 0.406	p = 0.544	F = 20.827	p < 0.001*
Creatinin [$\mu\text{mol l}^{-1}$]	F = 0.136	p = 0.722	F = 1.050	p = 0.336	F = 3.310	p = 0.022*

Tabelle 22. Resultate zu den Einflüssen von Individuum, Temperatur, TS-Aufnahme, TS-Gehalt der Ration und Heuanteil an der Ration auf verschiedene Parameter bei 12 Kaninchen in einem Generalized Linear Model. Signifikante Resultate sind mit * markiert.

abhängige Variable	Zufallsfaktor	Kovariate			
	Tier	Temperatur [°C]	TS-Aufnahme [$\text{g kg}^{-0.75} \text{ d}^{-1}$]	TS-Gehalt der Ration [% uS]	Heuanteil der Ration [% TS]
Tränkwasseraufnahme [$\text{g kg}^{-0.75} \text{ d}^{-1}$]	F (1,111) = 30.95 p < 0.001*	F (1,101) = 3.82 p = 0.053	F (1,101) = 40.48 p < 0.001*	F (1,101) = 254.76 p < 0.001*	F (1,101) = 35.00 p < 0.001*
Futterwasseraufnahme [$\text{g kg}^{-0.75} \text{ d}^{-1}$]	F (1,104) = 0.87 p = 0.574	F (1,104) = 7.1 p = 0.009*	F (1,104) = 0.02 p = 0.887	F (1,104) = 323.71 p < 0.001*	F (1,104) = 0.66 p = 0.418
Gesamtwasseraufnahme [$\text{g kg}^{-0.75} \text{ d}^{-1}$]	F (1,101) = 8.35 p < 0.001*	F (1,101) = 2.26 p = 0.136	F (1,101) = 20.20 p < 0.001*	F (1,101) = 71.55 p < 0.001*	F (1,101) = 9.74 p = 0.002*
Wasser:TS-Aufnahme [g/g]	F (1,101) = 10.60 p < 0.001*	F (1,101) = 2.68 p = 0.105	F (1,101) = 9.91 p = 0.002*	F (1,101) = 79.79 p < 0.001*	F (1,101) = 5.05 p = 0.027*
Urinmenge [$\text{g kg}^{-0.75} \text{ d}^{-1}$]	F (1,101) = 8.42 p < 0.001*	F (1,101) = 0.49 p = 0.486	F (1,101) = 3.71 p = 0.057	F (1,101) = 41.82 p < 0.001*	F (1,101) = 5.16 p = 0.025*
Urin-TS [% uS]	F (1,101) = 14.93 p < 0.001*	F (1,101) = 0.26 p = 0.611	F (1,101) = 0.78 p = 0.380	F (1,101) = 14.41 p < 0.001*	F (1,101) = 14.48 p < 0.001*
Kot-TS [% uS]	F (1,104) = 5.98 p < 0.001*	F (1,104) = 10.10 p = 0.002*	F (1,104) = 1.92 p = 0.169	F (1,104) = 0.83 p = 0.365	F (1,104) = 6.52 p = 0.012*
Harnstoff [mmol l ⁻¹]	F (1,98) = 6.9 p < 0.001*	F (1,98) = 6.92 p = 0.010*	F (1,98) = 0.58 p = 0.447	F (1,98) = 3.04 p = 0.084	F (1,98) = 16.67 p < 0.001*
Creatinin [$\mu\text{mol l}^{-1}$]	F (1,99) = 10.96 p < 0.001*	F (1,99) = 14.32 p < 0.001*	F (1,99) = 27.27 p < 0.001*	F (1,99) = 22.62 p < 0.001*	F (1,99) = 11.82 p = 0.001*

Tabelle 23. Resultate zu den Einflüssen von Individuum, Temperatur, Rohprotein-Aufnahme, TS-Gehalt der Ration und Heuanteil an der Ration auf Harnstoff und Creatinin bei 12 Kaninchen in einem Generalized Linear Model. Signifikante Resultate sind mit * markiert.

abhängige Variable	Zufallsfaktor	Kovariate			
	Tier	Temperatur [°C]	Rp-Aufnahme [g kg ^{-0.75} d ⁻¹]	TS-Gehalt der Ration [% uS]	Heuanteil der Ration [% TS]
Harnstoff [mmol l ⁻¹]	F (1,98) = 6.25 p < 0.001*	F (1,98) = 2.21 p = 0.140	F (1,98) = 7.60 p = 0.007*	F (1,98) = 4.21 p = 0.043*	F (1,98) = 23.41 p < 0.001*
Creatinin [μmol l ⁻¹]	F (1,99) = 11.16 p < 0.001*	F (1,99) = 10.86 p = 0.001*	F (1,99) = 25.40 p < 0.001*	F (1,99) = 10.69 p = 0.001*	F (1,99) = 10.32 p = 0.002*

Tabelle 24. Resultate zum Einfluss der Gesamtwasseraufnahme auf Harnstoff und Creatinin bei 12 Kaninchen in einem Generalized Linear Model. Signifikante Resultate sind mit * markiert.

abhängige Variable	Zufallsfaktor	Kovariate
	Tier	Gesamtwasseraufnahme [g kg ^{-0.75} d ⁻¹]
Harnstoff [mmol l ⁻¹]	F (1,98) = 8.857 p < 0.001*	F (1,98) = 0.008 p = 0.927
Creatinin [μmol l ⁻¹]	F (1,99) = 6.390 p < 0.001*	F (1,99) = 15.967 p < 0.001*

Tabelle 25. Resultate der Spearman correlation von verschiedenen Faktoren bei 12 Kaninchen bei Fütterung von insgesamt 10 verschiedenen Futterregimes und *ad libitum* Trinkwasser. Signifikante Resultate sind mit * markiert.

unabhängige Variable	abhängige Variable	ρ	p-Wert	n
Temperatur [°C]	Tränkwasseraufnahme [g kg ^{-0.75} d ⁻¹]	-0.011	0.909	117
Temperatur [°C]	Gesamtwasseraufnahme [g kg ^{-0.75} d ⁻¹]	-0.175	0.059	117
Temperatur [°C]	TS-Aufnahme [g kg ^{-0.75} d ⁻¹]	-0.323	< 0.001*	120
Temperatur [°C]	Wasser:TS-Aufnahme	0.040	0.666	117
Temperatur [°C]	Gehalt an Kot-TS [% uS]	0.236	0.010*	120
Temperatur [°C]	Urinmenge [g kg ^{-0.75} d ⁻¹]	-0.108	0.246	117
Temperatur [°C]	Gehalt an Urin-TS [% uS]	-0.026	0.783	117
TS-Aufnahme [g kg ^{-0.75} d ⁻¹]	Tränkwasseraufnahme [g kg ^{-0.75} d ⁻¹]	0.375	< 0.001*	117
TS-Aufnahme [g kg ^{-0.75} d ⁻¹]	Gesamtwasseraufnahme [g kg ^{-0.75} d ⁻¹]	0.552	< 0.001*	117
TS-Aufnahme [g kg ^{-0.75} d ⁻¹]	Wasser:TS-Aufnahme	-0.111	0.233	117
TS-Aufnahme [g kg ^{-0.75} d ⁻¹]	Kotmenge [g kg ^{-0.75} d ⁻¹]	0.886	< 0.001*	120
TS-Aufnahme [g kg ^{-0.75} d ⁻¹]	Gehalt an Kot-TS [% uS]	-0.563	< 0.001*	120
TS-Aufnahme [g kg ^{-0.75} d ⁻¹]	Urinmenge [g kg ^{-0.75} d ⁻¹]	0.265	0.004*	117
TS-Aufnahme [g kg ^{-0.75} d ⁻¹]	Gehalt an Urin-TS [% uS]	0.219	0.018*	117
TS-Gehalt der Ration [% uS]	Tränkwasseraufnahme [g kg ^{-0.75} d ⁻¹]	0.635	< 0.001*	117
TS-Gehalt der Ration [% uS]	Gesamtwasseraufnahme [g kg ^{-0.75} d ⁻¹]	-0.644	< 0.001*	117
TS-Gehalt der Ration [% uS]	Wasser:TS-Aufnahme	-0.712	< 0.001*	117
TS-Gehalt der Ration [% uS]	Gehalt an Kot-TS [% uS]	0.245	0.007*	120
TS-Gehalt der Ration [% uS]	Urinmenge [g kg ^{-0.75} d ⁻¹]	-0.528	< 0.001*	117
Tränkwasseraufnahme [g kg ^{-0.75} d ⁻¹]	Wasser:TS-Aufnahme	-0.265	0.004*	117
Futterwasseraufnahme [g kg ^{-0.75} d ⁻¹]	Wasser:TS-Aufnahme	0.627	< 0.001*	117
Gesamtwasseraufnahme [g kg ^{-0.75} d ⁻¹]	Wasser:TS-Aufnahme	0.730	< 0.001*	117
Gesamtwasseraufnahme [g kg ^{-0.75} d ⁻¹]	Gehalt an Kot-TS [% uS]	-0.433	< 0.001*	117
Gesamtwasseraufnahme [g kg ^{-0.75} d ⁻¹]	Urinmenge [g kg ^{-0.75} d ⁻¹]	0.818	< 0.001*	117
Gesamtwasseraufnahme [g kg ^{-0.75} d ⁻¹]	Gehalt an Urin-TS [% uS]	-0.452	< 0.001*	117
Wasser:TS-Aufnahme	Urinmenge [g kg ^{-0.75} d ⁻¹]	0.787	< 0.001*	117
Wasser:TS-Aufnahme	Gehalt an Urin-TS [% uS]	-0.731	< 0.001*	117
Ca-Gehalt der Ration [% TS]	Ca-Ausscheidung über Urin [mg kg ^{-0.75} d ⁻¹]	-0.295	0.001*	116
Ca-Gehalt der Ration [% TS]	Ca-Aufnahme [mg kg ^{-0.75} d ⁻¹]	-0.129	0.159	120

ρ = Spearman correlation coefficient

Tabelle 26. Resultate des Generalized Linear Models zur Ca-Ausscheidung über den Urin bei 12 Kaninchen. Signifikante Resultate sind mit * markiert.

abhängige Variable	Zufallsfaktor	Kovariate	
	Tier	Gesamtwasseraufnahme [g kg ^{-0.75} d ⁻¹]	Ca-Aufnahme [mg kg ^{-0.75} d ⁻¹]
Ca-Ausscheidung über Urin [mg kg ^{-0.75} d ⁻¹]	F (11,102) = 5.016 p < 0.001*	F (1,102) = 9.200 p = 0.003*	F (1,102) = 11.114 p = 0.001*

6.3.1 Futteraufnahme

Die Trockensubstanzaufnahme unterschied sich signifikant zwischen verschiedenen Fütterungen; besonders hoch war die TS-Aufnahme bei HRP, am tiefsten bei Kö50 (Abbildung 14). Deutlich unterschied sich auch die Trockensubstanzaufnahme zwischen Gruppe A und B. Das Angebot des Trinkwassers via Offen- oder Nippeltränke hatte keinen Einfluss auf die TS-Aufnahme.

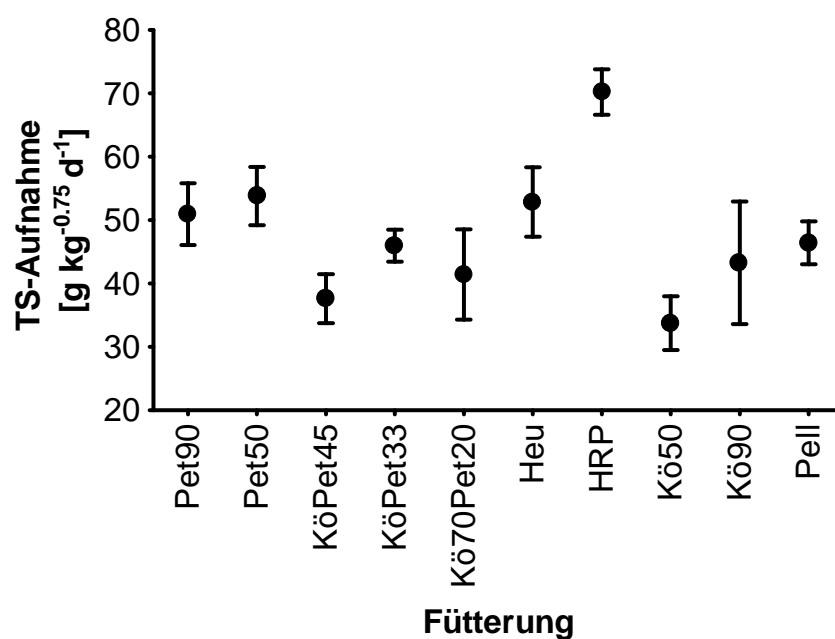


Abbildung 14.
Trockensubstanzaufnahme
bei verschiedenen
Fütterungsregimes.
Mittelwerte ± CI aus je 6
Kaninchen während je
26 d.

Die Rationen setzten sich aus unterschiedlichen Anteilen von Heu, Körnern, Petersilie, HRP und Laborpellets zusammen. Da jedem Tier zusätzlich zum theoretisch errechneten Futterbedarf Heu *ad libitum* angeboten wurde, unterschieden sich die TS-Aufnahmen zwischen den einzelnen Tieren und Fütterungen. Wird aus der effektiv aufgenommenen Futtermenge die metabolische Energie berechnet (kJ ME/kg TS = 0.9 x kJ DE/kg TS, kJ DE/kg TS gemäss Herstellerangaben, bzw. nach Kamphues *et al.* 2009), ergibt sich, dass die Kaninchen bei HRP am meisten Energie aufnahmen, bei alleiniger Heufütterung am wenigsten (Abbildung 15).

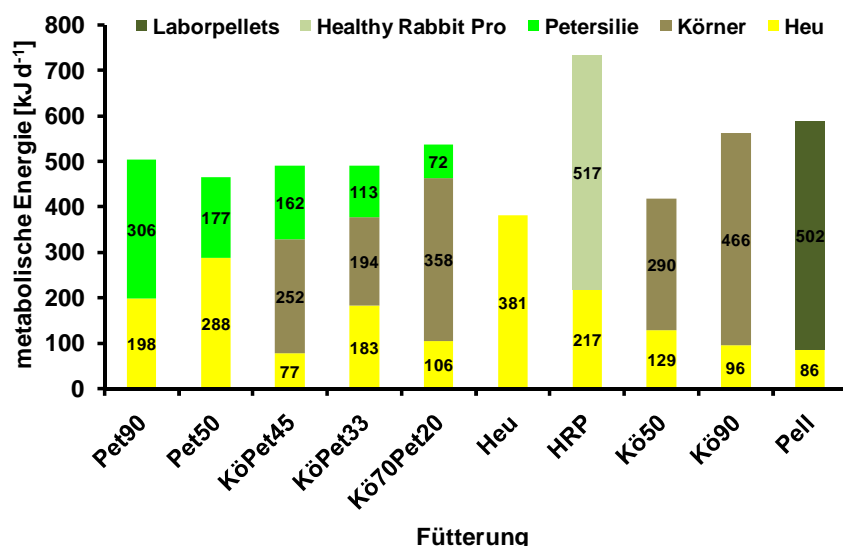


Abbildung 15.
Durchschnittliche geschätzte
Energieaufnahme
sowie deren
Zusammensetzung aus den
einzelnen Futtermitteln bei
verschiedenen
Fütterungsregimes.
Mittelwerte aus je 6
Kaninchen während je 26 d.

Die Temperatur hatte zwar keinen Einfluss auf die Tränkwasseraufnahme, war aber negativ korreliert mit der TS-Aufnahme: je höher die Temperatur desto geringer die TS-Aufnahme. Obwohl die TS-Aufnahme signifikant sowohl mit der Tränkwasseraufnahme als auch mit der Gesamtwasseraufnahme korrelierte, gab es keine direkte Korrelation zwischen Temperatur und Wasseraufnahme, wenn auch die Gesamtwasseraufnahme tendenziell bei steigender Temperatur ebenfalls abnahm.

6.3.2 Wasseraufnahme

Die Wasseraufnahme unterschied sich signifikant zwischen verschiedenen Fütterungen, und zwar sowohl die Tränkwasser- als auch die Gesamtwasseraufnahme. Die Tränkwasseraufnahme war am höchsten bei reiner Heufütterung und bei Verfütterung von Pelletfutter, v.a. HRP (Abbildung 16). Die tiefste Tränkwasseraufnahme wiesen die Kaninchen bei Fütterung von Pet90 und KöPet45 auf. Die Wasseraufnahme über die Tränke war aber auch bei hohem Petersilienanteil nicht Null.

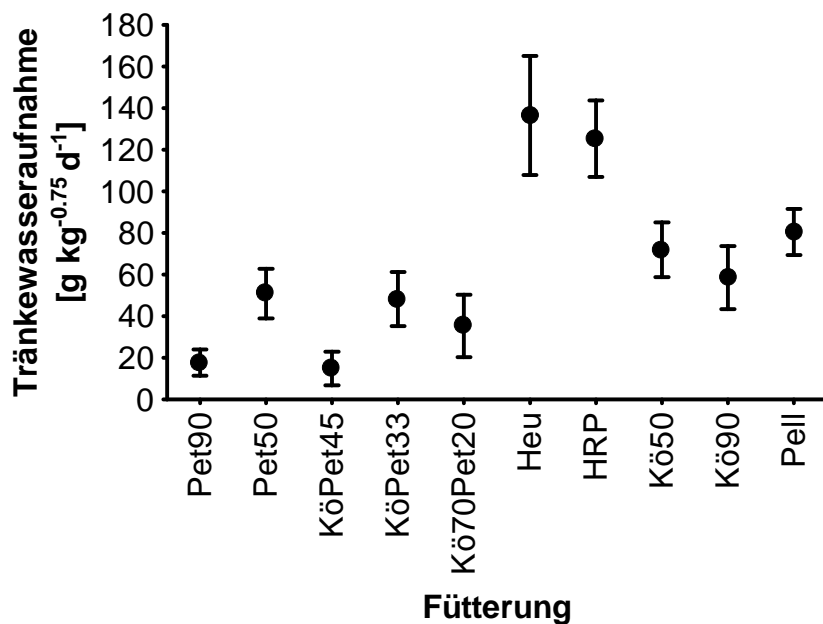


Abbildung 16.
Tränkwasseraufnahme
bei verschiedenen
Fütterungsregimes.
Mittelwerte \pm CI aus je 6
Kaninchen während je 26 d.

Die Wasseraufnahme aus dem Futter hing vom TS-Anteil in der Ration ab (Abbildung 17). Der TS-Anteil der Ration wurde in dieser Studie mehrheitlich durch den Petersilieanteil in der Ration bestimmt. Alle trockenen Rationen führten zu einer ähnlich tiefen Wasseraufnahme über das Futter.

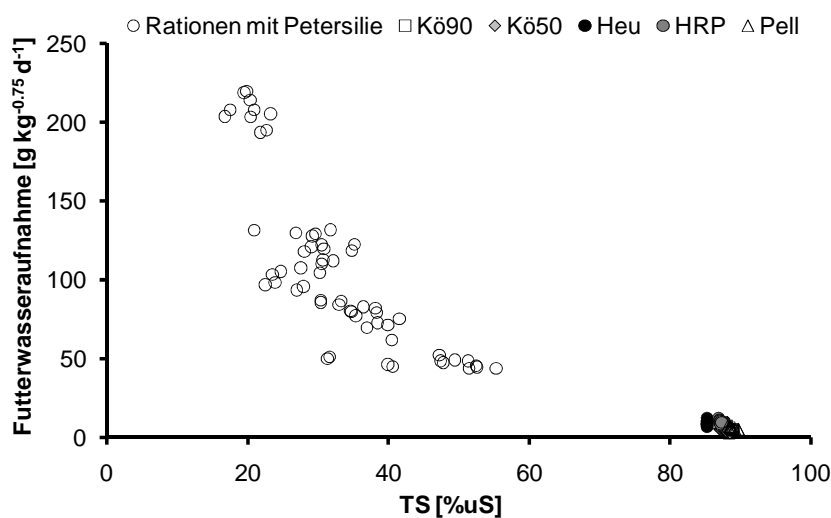


Abbildung 17.
Futterwasseraufnahme
in Abhängigkeit des TS-
Gehalts der Ration bei 12
Kaninchen. Ein Datenpunkt
entspricht dem Mittelwert
eines Kaninchens aus 13
Messtagen. Alle Rationen,
die Petersilie enthielten
(Pet90, Pet50, KöPet45,
KöPet33, Kö70Pet20) wurden
zusammengefasst in der
Kategorie Rationen mit
Petersilie.

Die Summe aus der Wasseraufnahme über das Futter und über die Tränke ergab die Gesamtwasseraufnahme. Metabolisches Wasser wurde nicht berücksichtigt. Die Gesamtwasseraufnahme war am höchsten bei Pet90, gefolgt von Pet50, Heu und HRP. Die geringste totale Wasseraufnahme entstand bei der Fütterung Kö90 (Abbildung 18).

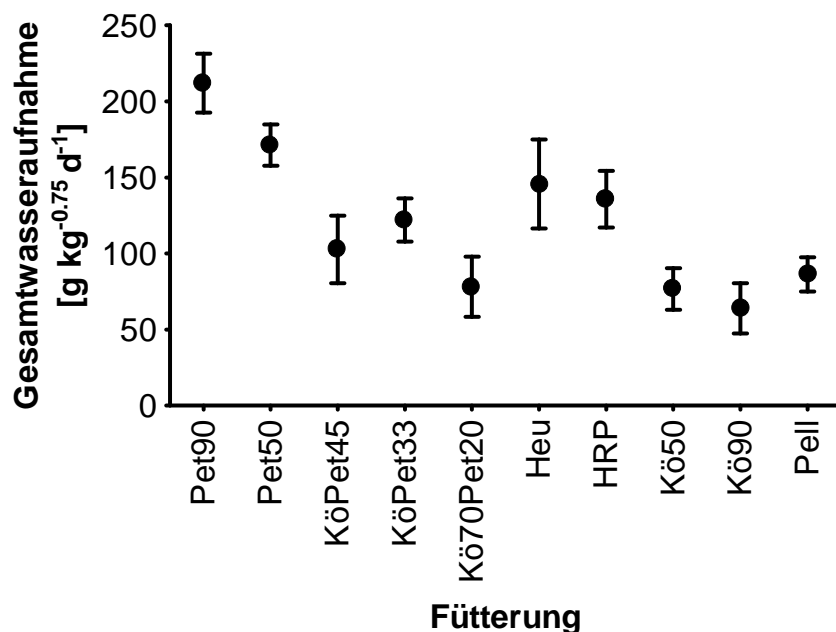


Abbildung 18.
Gesamtwasseraufnahme
bei verschiedenen
Fütterungsregimes.
Mittelwerte \pm CI aus je 6
Kaninchen während je 26 d.

Die Gesamtwasseraufnahme stieg mit zunehmender TS-Aufnahme (Abbildung 19). Je höher der Trockensubstanzgehalt der Ration desto höher war auch die Wasseraufnahme über die Tränke (Abbildung 20). Die Gesamtwasseraufnahme hingegen erhöhte sich mit steigendem TS-Gehalt der Ration nicht – im Gegenteil, sie nahm ab (Abbildung 21). Nicht nur der TS-Gehalt der Ration, sondern auch der Heuanteil in der Ration hatte einen Einfluss auf Tränke- und Gesamtwasseraufnahme; ein hoher Heuanteil begünstigte eine hohe Wasseraufnahme.

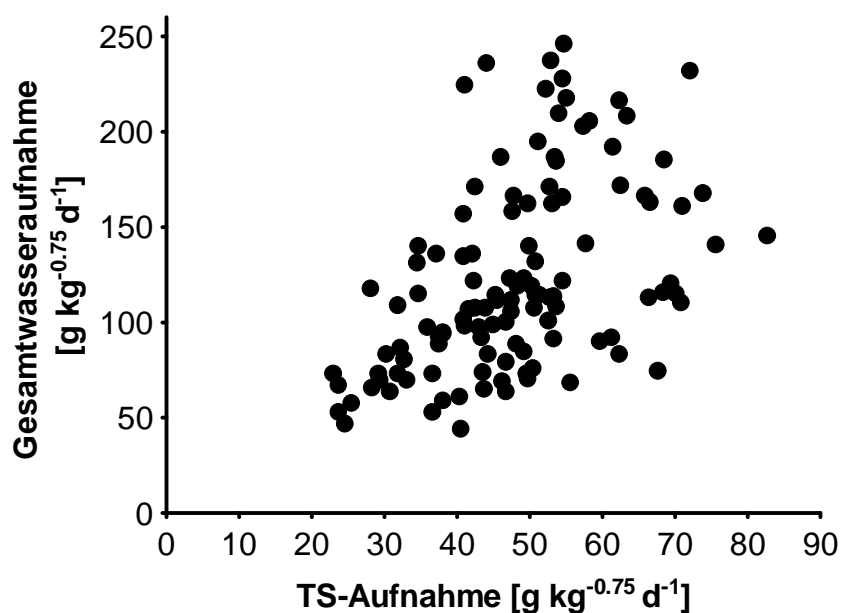


Abbildung 19.
Gesamtwasseraufnahme in
Abhängigkeit der
Trockensubstanzaufnahme
bei 12 Kaninchen unter
insgesamt 10
verschiedenen Fütterungen.
Jeder Datenpunkt
entspricht dem Mittelwert
eines Tieres aus 13
Messtagen.

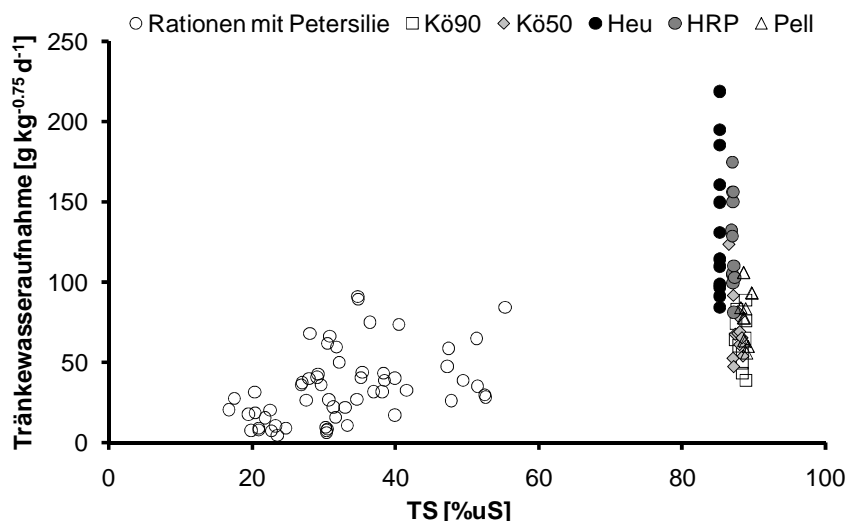


Abbildung 20.
Tränkewasseraufnahme in Abhängigkeit des TS-Gehalts der Ration bei 12 Kaninchen. Ein Datenpunkt entspricht dem Mittelwert eines Kaninchens aus 13 Messtagen. Alle Rationen, die Petersilie enthielten (Pet90, Pet50, KöPet45, KöPet33, Kö70Pet20) wurden zusammengefasst in der Kategorie Rationen mit Petersilie.

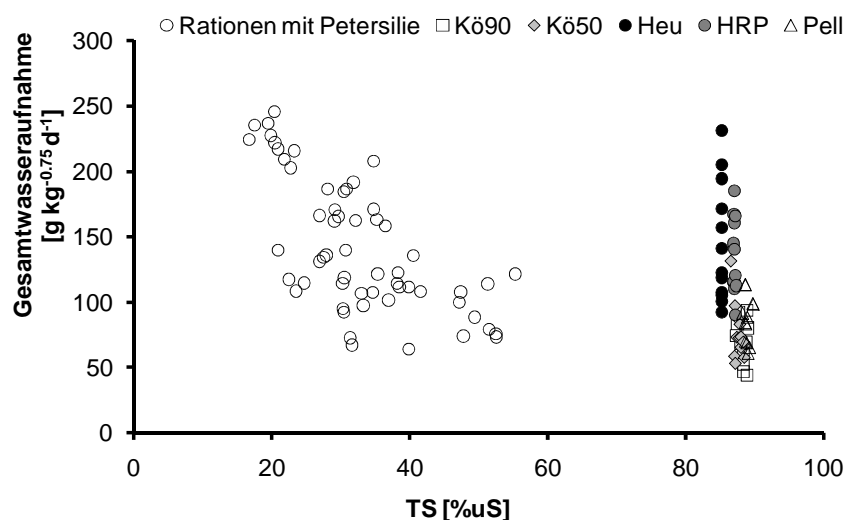


Abbildung 21.
Gesamtwasseraufnahme in Abhängigkeit des TS-Gehalts der Ration bei 12 Kaninchen. Ein Datenpunkt entspricht dem Mittelwert eines Kaninchens aus 13 Messtagen. Alle Rationen, die Petersilie enthielten (Pet90, Pet50, KöPet45, KöPet33, Kö70Pet20) wurden zusammengefasst in der Kategorie Rationen mit Petersilie.

Das Wasser:TS-Verhältnis unterschied sich signifikant zwischen verschiedenen Fütterungen. Das höchste Verhältnis zeigte sich bei Pet90, das tiefste bei Kö90 (Abbildung 22). Das Wasser:TS-Verhältnis erhöhte sich sowohl bei steigender Futterwasseraufnahme als auch bei steigender Gesamtwasseraufnahme, sank aber bei zunehmender Tränkewasseraufnahme. Die Temperatur und die Trockensubstanzaufnahme beeinflussten das Wasser:TS-Verhältnis nicht, der TS-Gehalt der Ration hingegen schon: Je höher der TS-Gehalt umso tiefer das Verhältnis.

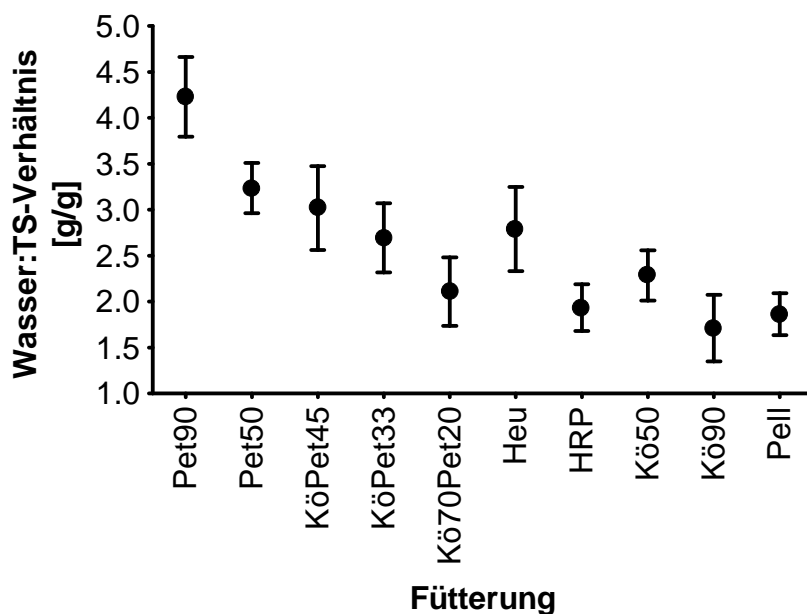


Abbildung 22. Verhältnis von Gesamtwasser- zu TS-Aufnahme bei 12 Kaninchen bei je 5 Fütterungen, Wasserzugang *ad libitum*. Mittelwerte \pm CI.

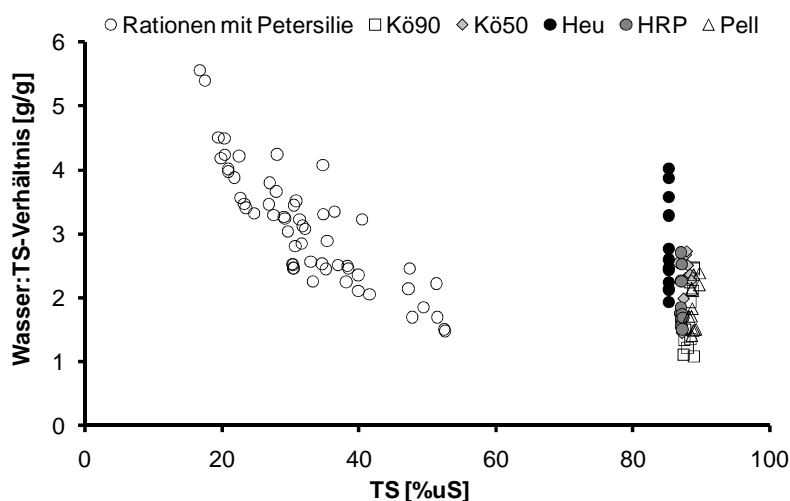


Abbildung 23. Wasser:TS-Verhältnis in Abhängigkeit des TS-Gehalts der Ration bei 12 Kaninchen. Ein Datenpunkt entspricht dem Mittelwert eines Kaninchens aus 13 Messtagen. Alle Rationen, die Petersilie enthielten (Pet90, Pet50, KöPet45, KöPet33, Kö70Pet20) wurden zusammengefasst in der Kategorie Rationen mit Petersilie.

6.3.3 Hartkot

Die absolute Hartkotmenge pro Tier und Tag unterschied sich signifikant zwischen einzelnen Fütterungen und auch zwischen den beiden Gruppen. Am meisten Hartkot (im Folgenden als Kot bezeichnet) wurde bei HRP ausgeschieden, gefolgt von Heu, am wenigsten bei KöPet45. Gruppe A schied mehr Kot aus als Gruppe B.

Die Kotmenge unterschied sich nicht nur zwischen den Fütterungen und Gruppen, sondern auch je nach Tränketyt. So war die Kotmenge höher bei Offentränke als bei Nippeltränke. Die absolute Kotmenge scheint aber v.a. von der TS-Aufnahme abzuhängen. Je höher die TS-Aufnahme, umso mehr Kot wurde ausgeschieden.

Der Kot-TS-Gehalt unterschied sich signifikant zwischen den beiden Gruppen und zwischen den beiden Tränken, die Fütterung hatte darauf keinen signifikanten Einfluss. Der Kot war

trockener in Gruppe B als in Gruppe A und er war weniger trocken bei Angebot des Trinkwassers über die Offentränke als über die Nippeltränke.

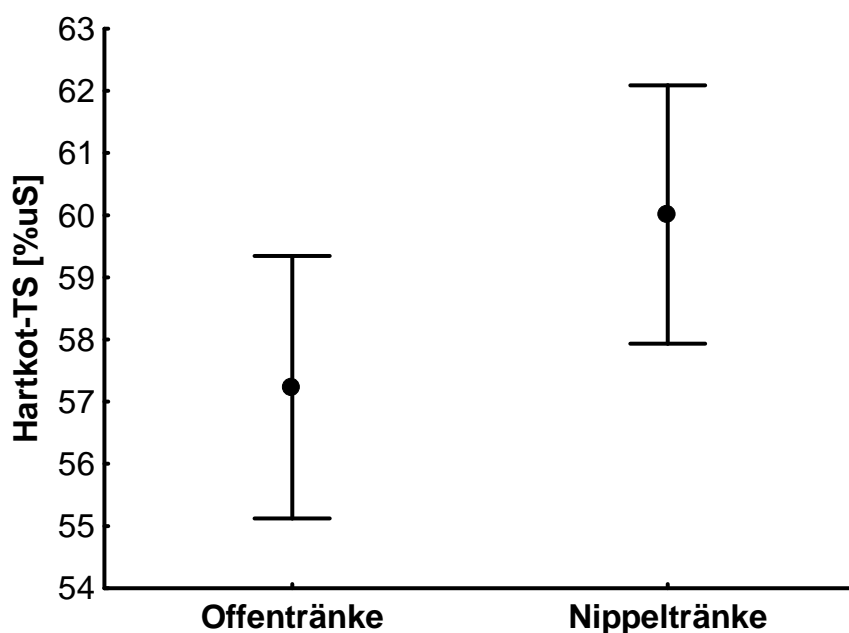


Abbildung 24. Gehalt an Hartkot-TS bei Offen- und Nippeltränke bei 12 Kaninchen unter je 5 verschiedenen Fütterungen während 40 Messtagen pro Tier, Mittelwerte \pm CI.

Der Gehalt an Kot-TS zeigte sich abhängig von der Menge der TS-Aufnahme und vom TS- und Heuanteil an der Ration. Je höher der TS-Gehalt der Ration desto höher war auch der Gehalt an Kot-TS. Auch die Wasseraufnahme beeinflusste den Gehalt an Kot-TS: Je höher die Gesamtwasseraufnahme umso tiefer war der Gehalt an Kot-TS. Das Verhältnis von Wasser:TS-Aufnahme beeinflusste den Gehalt an Kot-TS nicht. Ein Temperatureffekt war aber messbar: Je höher die Temperatur umso höher der Gehalt an Kot-TS.

6.3.4 Urin

Die Wassermenge, die über den Urin ausgeschieden wurde, stieg mit zunehmender Gesamtwasseraufnahme an (Abbildung 25).

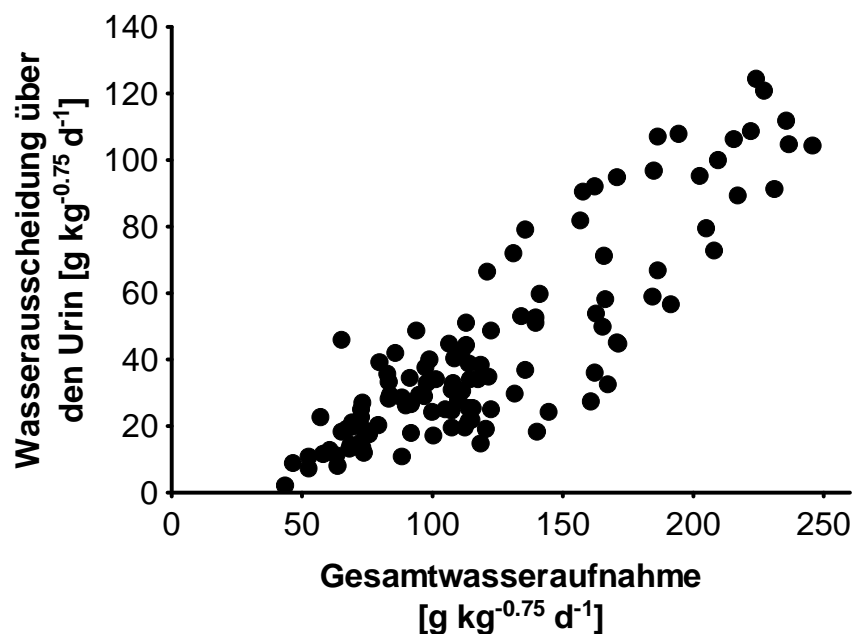


Abbildung 25.
Wasserausscheidung über
den Urin in Abhängigkeit
der Gesamtwasser-
aufnahme. Mittelwerte aus
je 4 Tagen von 12
Kaninchen bei
verschiedenen Fütterungen
mit *ad libitum*
Wasserzugang.

Sowohl die Urinmenge als auch der Gehalt an Urin-TS unterschieden sich signifikant zwischen verschiedenen Fütterungen. In Gruppe A führte die Fütterung Pet90 zu den grössten Urinmengen, in Gruppe B die Fütterung KöPet45, also jeweils diejenige Fütterung mit dem höchsten Petersilienanteil. Diese Fütterungen führten auch zu den geringsten Anteilen an TS im Urin bei den jeweiligen Gruppen (Abbildung 26). Mengenmässig schied Gruppe A mehr Urin aus als Gruppe B.

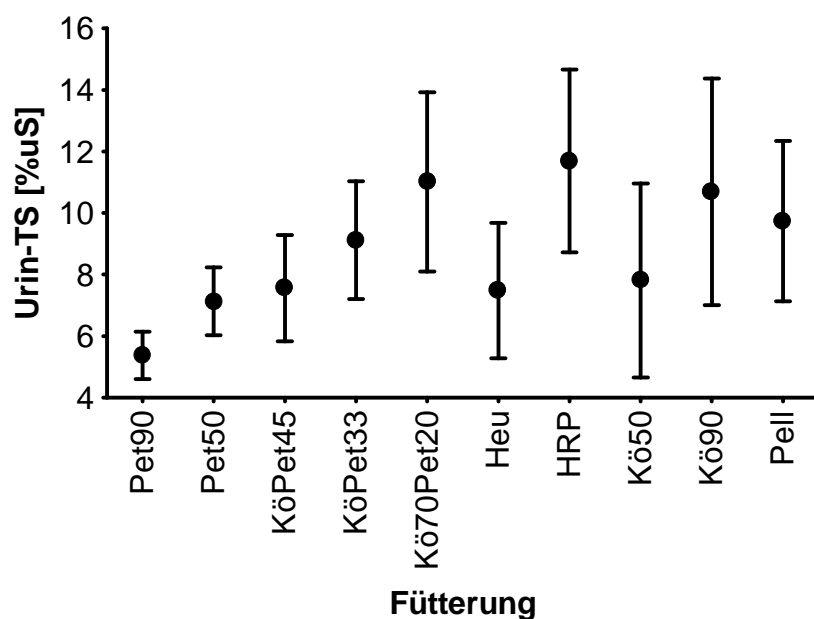


Abbildung 26.
Urintrockensubstanz bei
verschiedenen
Fütterungsregimes von je 6
Tieren pro Fütterung während
je 8 Tagen, Mittelwerte \pm CI.

Die Urinmenge wurde positiv beeinflusst durch die Gesamtwasseraufnahme, durch die TS-Aufnahme, durch den Heuanteil in der Ration und durch das Wasser:TS-Verhältnis. Eine negative Korrelation hingegen bestand zwischen TS-Gehalt der Ration und Urinmenge: Je höher der TS-Gehalt, desto weniger Urin wurde ausgeschieden. Die Temperatur hatte weder einen Einfluss auf Urinmenge noch auf den Gehalt an Urin-TS. Letzterer sank bei steigender Wasseraufnahme und bei steigendem Wasser:TS-Verhältnis sowie bei steigendem Heuanteil in der Ration, stieg aber bei ansteigender TS-Aufnahme und bei steigendem TS-Gehalt der Ration (Abbildung 28).

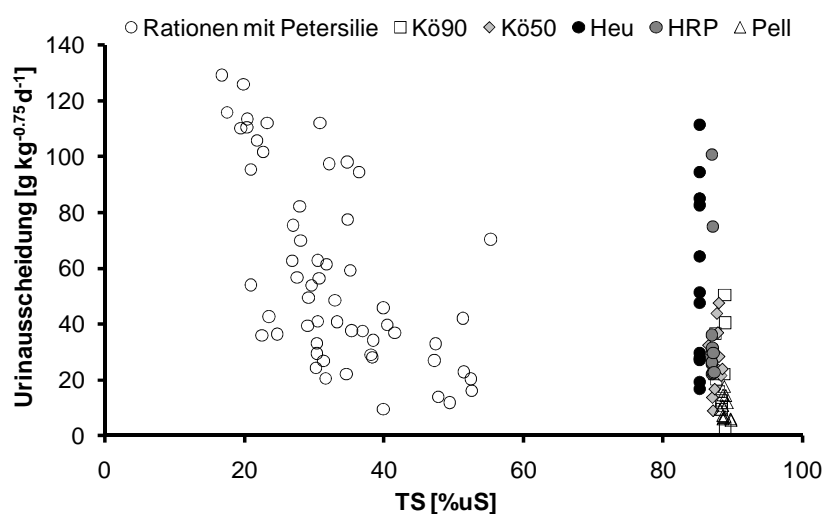


Abbildung 27. Urinausscheidung in Abhängigkeit des TS-Gehalts der Ration bei 12 Kaninchen. Ein Datenpunkt entspricht dem Mittelwert eines Kaninchens aus 4 Messtagen. Alle Rationen, die Petersilie enthielten (Pet90, Pet50, KöPet45, KöPet33, Kö70Pet20) wurden zusammengefasst in der Kategorie Rationen mit Petersilie.

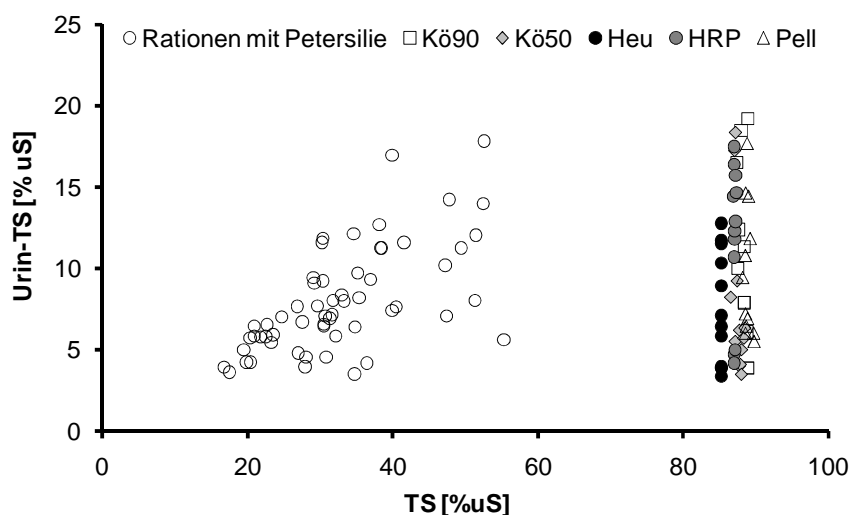


Abbildung 28. Urin-TS-Gehalt in Abhängigkeit des TS-Gehalts der Ration bei 12 Kaninchen. Ein Datenpunkt entspricht dem Mittelwert eines Kaninchens aus 4 Messtagen. Alle Rationen, die Petersilie enthielten (Pet90, Pet50, KöPet45, KöPet33, Kö70Pet20) wurden zusammengefasst in der Kategorie Rationen mit Petersilie.

Der Calciumgehalt des Urins unterschied sich signifikant zwischen verschiedenen Fütterungen. Besonders tiefe Calciumgehalte wurden mit Heu, Pet90 und Pet50 erreicht. Die Pellet- und Körnerfütterungen führten zu höheren Ca-Gehalten (Abbildung 29).

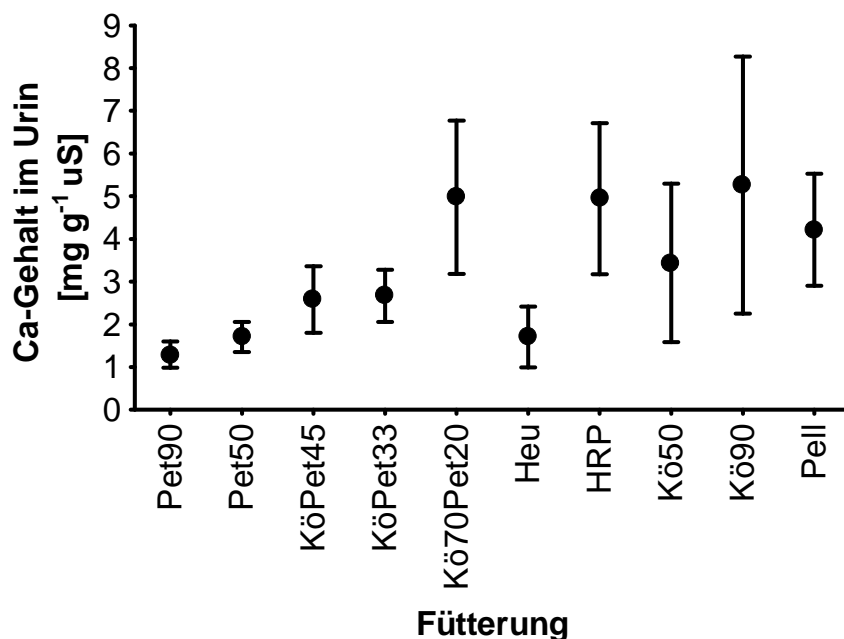


Abbildung 29.
Calciumausscheidung
bei verschiedenen
Fütterungsregimes von je
6 Kaninchen pro Fütterung
während je 8 Tagen.
Mittelwerte \pm CI.

Die Calciumaufnahme beeinflusste den Ca-Gehalt im Urin. Je höher die relative Calciumaufnahme [$\text{mg Ca kg}^{-0.75} \text{ d}^{-1}$], umso höher war auch der Ca-Gehalt im Urin. Eine steigende Gesamtwasseraufnahme hingegen führte zu tieferen Ca-Gehalten im Urin (Abbildung 30 und Abbildung 31). Der Ca-Gehalt der Ration [%TS] war negativ korreliert mit der Ca-Ausscheidung im Urin und war nicht korreliert mit der relativen Ca-Aufnahme.

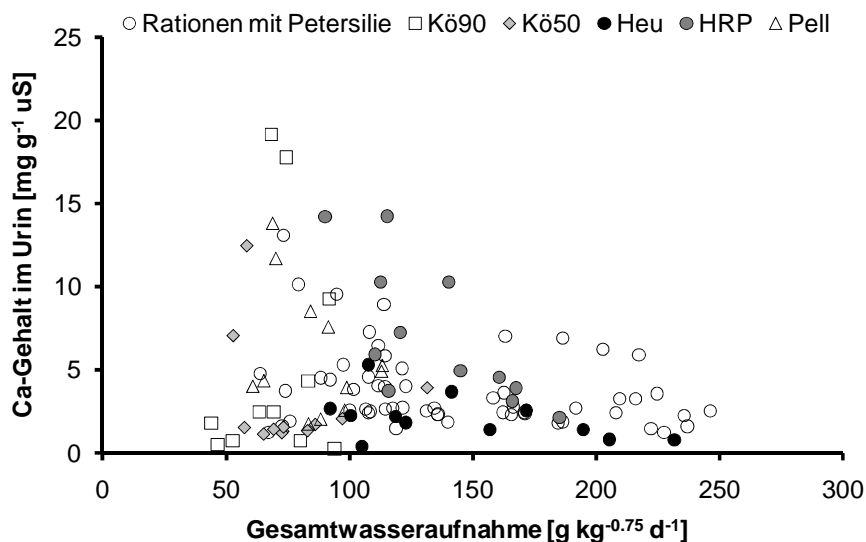


Abbildung 30. Ca-Gehalt im Urin in Abhängigkeit der Gesamtwasseraufnahme bei 12 Kaninchen. Ein Datenpunkt entspricht dem Mittelwert eines Kaninchens aus 4 Messtagen. Alle Rationen, die Petersilie enthielten (Pet90, Pet50, KöPet45, KöPet33, Kö70Pet20) wurden zusammengefasst in der Kategorie Rationen mit Petersilie.

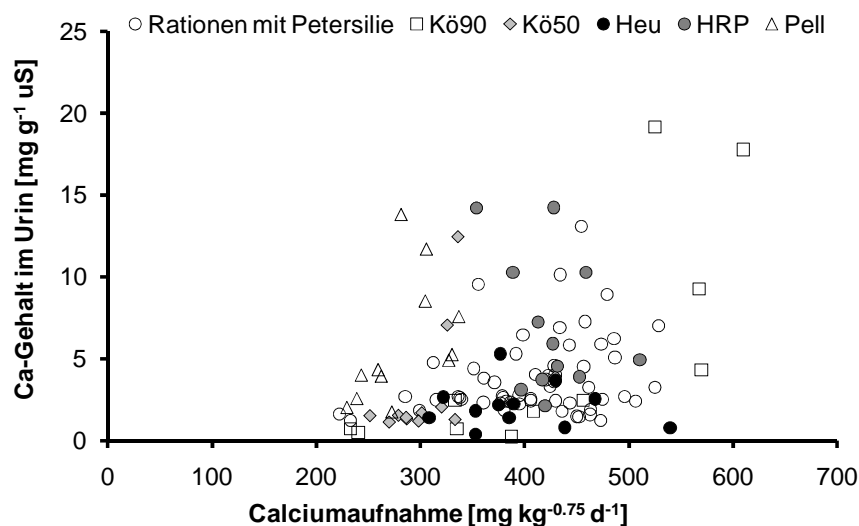


Abbildung 31. Ca-Gehalt im Urin in Abhängigkeit der Calciumaufnahme bei 12 Kaninchen. Ein Datenpunkt entspricht dem Mittelwert eines Kaninchens aus 4 Messtagen. Alle Rationen, die Petersilie enthielten (Pet90, Pet50, KöPet45, KöPet33, Kö70Pet20) wurden zusammengefasst in der Kategorie Rationen mit Petersilie.

6.3.5 Blutwerte

Die Blutwerte aller Tiere waren bei sämtlichen Messungen innerhalb der Referenzwerte. Hämatokrit, Totalprotein, Albumin, Natrium, Chlorid, Kalium, Magnesium, totales Calcium und Phosphor im Blut wurden nicht signifikant beeinflusst durch die verschiedenen Fütterungen. Creatinin und Harnstoff hingegen unterschieden sich signifikant zwischen verschiedenen Fütterungen. Die höchsten Creatininwerte wurden bei Heu und Kö50 gemessen, die tiefsten bei Pet90. Die Harnstoffwerte waren ebenfalls bei Heu am höchsten, am tiefsten hingegen bei Kö90. Bei Gruppe A wurden ausserdem höhere Harnstoffwerte gemessen als bei Gruppe B. Je höher die Gesamtwasseraufnahme desto tiefer waren die Creatininwerte. Harnstoff und Creatinin zeigten auch eine Abhängigkeit von der Temperatur, der TS-Aufnahme, der Rohproteinaufnahme und dem TS- und Heuanteil der Ration (Tabelle 22 und 23).

6.4 Wasserrestriktionsversuche

Die Resultate der Wasserrestriktionsversuche wurden analog zu den Versuchen mit *ad libitum* Wasserzugang mittels Generalized Linear Model untersucht (Tabelle 27).

Tabelle 27. Resultate der repeated measures ANOVA bei 12 Kaninchen während je 2 Versuchsperioden (Offen- und Nippeltränke) mit 6h, 12h und 24h Wasserzugang bei Fütterung mit Frischfutter (Gruppe A) und ohne Frischfutter (Gruppe B). Signifikante Resultate sind mit * markiert.

abhängige Variable	between subjects effect		within subjects effects			
	Gruppe		Tränke		Wasserzugang	
Tränkwasseraufnahme [$\text{g kg}^{-0.75} \text{d}^{-1}$]	F = 11.399	p = 0.007*	F = 5.508	p = 0.041*	F = 12.909	p < 0.001*
Futterwasseraufnahme [$\text{g kg}^{-0.75} \text{d}^{-1}$]	F = 1128.360	p < 0.001*	F = 0.040	p = 0.846	F = 2.276	p = 0.129
Gesamtwasseraufnahme [$\text{g kg}^{-0.75} \text{d}^{-1}$]	F = 14.805	p = 0.003*	F = 4.936	p = 0.051	F = 10.453	p = 0.001*
Wasser:TS-Aufnahme [g g^{-1}]	F = 1.899	p = 0.198	F = 0.033	p = 0.860	F = 33.195	p < 0.001*
TS-Aufnahme [$\text{g kg}^{-0.75} \text{d}^{-1}$]	F = 14.318	p = 0.004*	F = 5.845	p = 0.036*	F = 19.757	p < 0.001*
Kotmenge [$\text{g kg}^{-0.75} \text{d}^{-1}$]	F = 2.189	p = 0.170	F = 3.794	p = 0.080	F = 13.016	p < 0.001*
Kot-TS [% uS]	F = 0.791	p = 0.395	F = 1.970	p = 0.191	F = 16.173	p < 0.001*
Urinmenge [$\text{g kg}^{-0.75} \text{d}^{-1}$]	F = 1.086	p = 0.322	F = 4.116	p = 0.070	F = 10.367	p = 0.001*
Urin-TS [% uS]	F = 0.619	p = 0.450	F = 0.843	p = 0.380	F = 12.618	p < 0.001*
Natrium [mmol l^{-1}]	F = 0.147	p = 0.711	F = 1.185	p = 0.308	F = 3.803	p = 0.045*
Kalium [mmol l^{-1}]	F = 2.000	p = 0.207	F = 0.041	p = 0.846	F = 5.848	p = 0.017*
Harnstoff [mmol l^{-1}]	F = 2.389	p = 0.161	F = 6.667	p = 0.033*	F = 10.985	p = 0.001*
Creatinin [$\mu\text{mol l}^{-1}$]	F = 3.093	p = 0.109	F = 1.262	p = 0.299	F = 12.579	p < 0.001*

6.4.1 Futteraufnahme

Unter Wasserrestriktion unterschied sich die TS-Aufnahme der 12 Kaninchen signifikant zwischen den verschiedenen Wasserzugangszeiten, aber auch zwischen Offen- und Nippeltränke (Abbildung 32). Die TS-Aufnahme war tiefer bei Verabreichung des Wassers via Nippeltränke. Gruppe A wurde während der Wasserrestriktionsphasen mit Frischfutter (KöPet33) gefüttert, Gruppe B ohne Frischfutter (Kö50). Die TS-Aufnahme war tiefer für die Tiere, die kein Frischfutter erhielten.

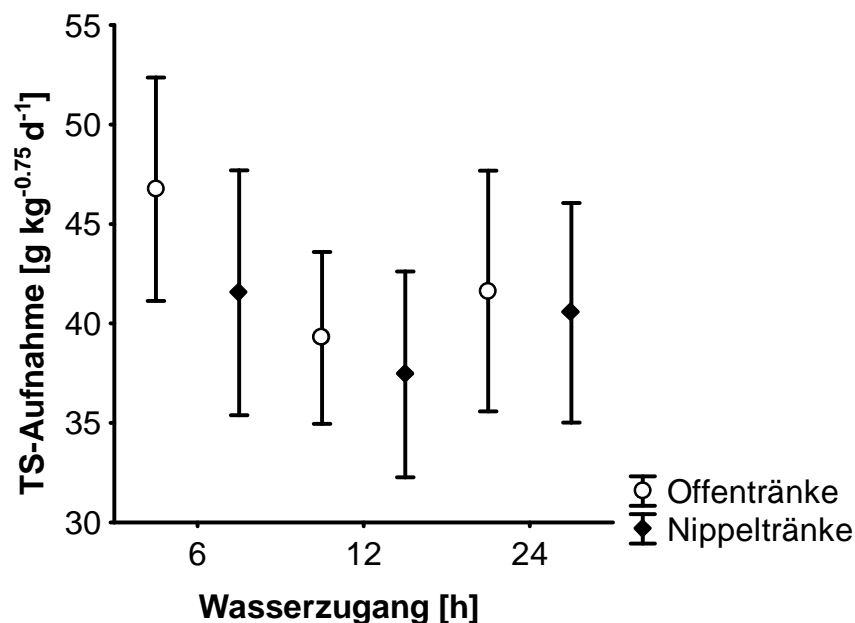


Abbildung 32. TS-Aufnahme bei 12 Kaninchen unter verschiedenen Wasserzugangszeiten (6 h, 12 h und 24 h) und Tränkesystemen (Offen- und Nippeltränke) während je 13 d. Mittelwerte ± CI.

6.4.2 Wasseraufnahme

Gegeben durch die unterschiedliche Fütterung unterschieden sich die beiden Gruppen signifikant in der Wasseraufnahme über das Futter: Gruppe A (mit Frischfutter) nahm mehr als das Zehnfache an Futterwasser auf als Gruppe B (ohne Frischfutter). Gruppe B hingegen trank mehr Wasser aus der Tränke als Gruppe A. Die Tränke selbst beeinflusste unter Wasserrestriktion ebenfalls die Wasseraufnahme, in dem Sinne, dass die Kaninchen mit Nippeltränke signifikant weniger tranken als mit Offentränke (Abbildung 33) und dass auch die Gesamtwasseraufnahme tendenziell tiefer war. Je länger die Kaninchen Zugang zu Tränkewasser hatten, umso mehr Wasser nahmen sie daraus auf. Auch die Gesamtwasseraufnahme zeigte dieses Muster. Da die TS-Aufnahme bei 6 h Wasserzugang aber dennoch am höchsten war, zeigt sich das Verhältnis von Wasser- zu TS-Aufnahme bei 6h besonders tief. Das höchste Verhältnis wurde bei *ad libitum* Wasserzugang erzielt (Abbildung 34).

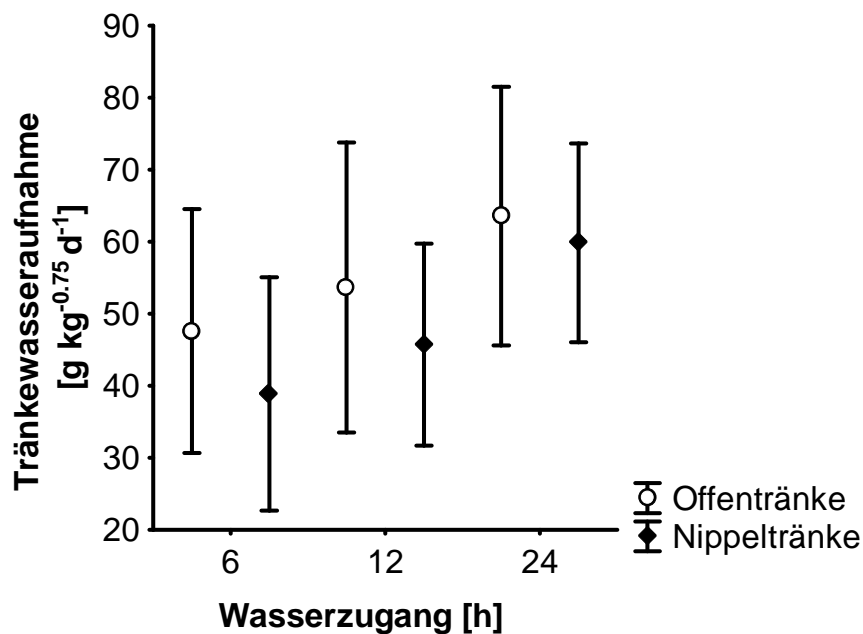


Abbildung 33.
Tränkwasseraufnahme
bei 12 Kaninchen unter
verschiedenen
Wasserzugangszeiten (6 h,
12 h und 24 h) und
Tränkesystemen (Offen-
und Nippeltränke)
während je 13 d.
Mittelwerte \pm CI.

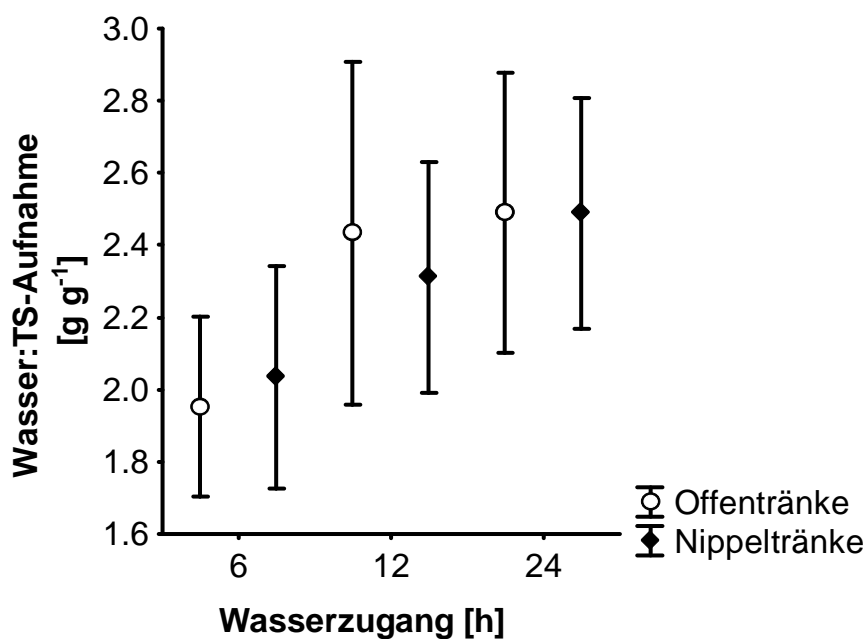


Abbildung 34. Verhältnis
von Gesamtwasser-
aufnahme zu
Trockensubstanzaufnahme
von 12 Kaninchen unter
verschiedenen
Wasserzugangszeiten (6 h,
12 h und 24 h) und
Tränkesystemen (Offen-
und Nippeltränke)
während je 13 d.
Mittelwert \pm CI.

6.4.3 Hartkot

Die Zeit des Wasserzugangs hatte einen signifikanten Einfluss sowohl auf Kotmenge als auch auf den Gehalt an Kot-TS. Die Gruppe beeinflusste diese beiden Parameter nicht signifikant. Bei Offentränke bestand eine Tendenz zu erhöhter Kotausscheidung. Die geringste Kotmenge wurde bei 12 h Wasserzugang gemessen, die grösste bei 6 h Wasserzugang. Der Gehalt an Kot-TS war am geringsten bei *ad libitum* Wasserzugang und am höchsten bei 12 h Wasserrestriktion (Abbildung 35).

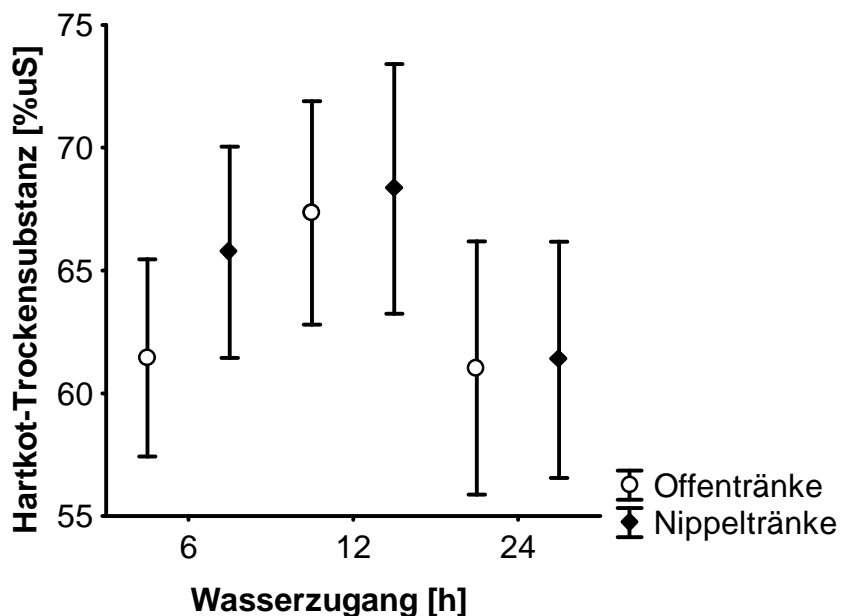


Abbildung 35.
Trockensubstanzgehalte des Hartkots von 12 Kaninchen unter verschiedenen Wasserzugangszeiten (6 h, 12 h und 24 h) und Tränkesystemen (Offen- und Nippeltränke) während je 4 d. Mittelwerte \pm CI.

6.4.4 Urin

Bei Wasserrestriktion schieden die Kaninchen signifikant weniger Urin aus als bei *ad libitum* Wasserzugang (Abbildung 36). Ausserdem war der Gehalt an Urin-TS signifikant höher bei Wasserrestriktion (Abbildung 37). Zwischen 6 h und 12 h Wasserzugang gab es keinen signifikanten Unterschied bezüglich Urinmenge oder Konzentration. Auf die Urinmenge hatte die Tränke tendenziell einen Einfluss: Bei Wasserangebot über die Nippeltränke wurde weniger Urin ausgeschieden als bei Offentränke.

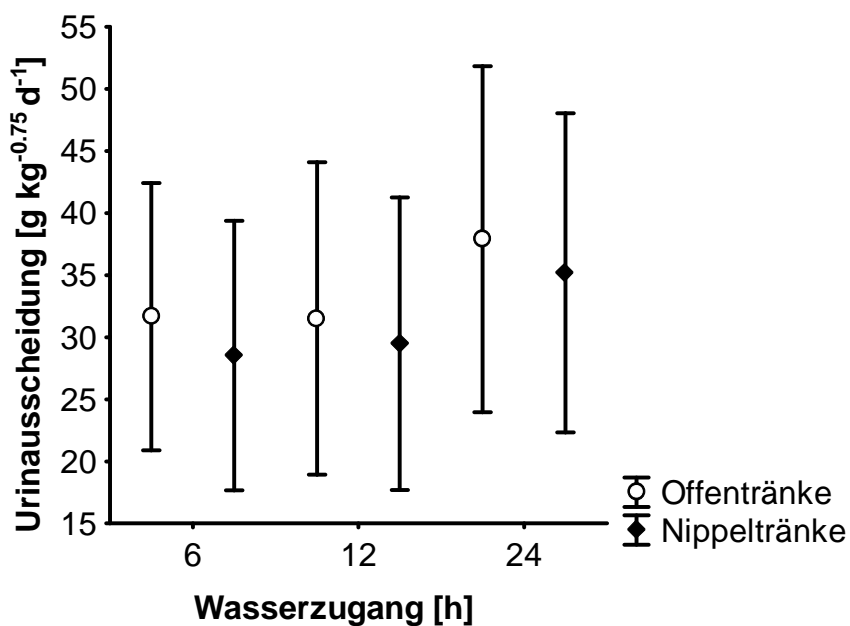


Abbildung 36.
Urinausscheidung bei 12 Kaninchen unter verschiedenen Wasserzugangszeiten (6 h, 12 h und 24 h) und Tränkesystemen (Offen- und Nippeltränke) während je 4 d. Mittelwerte \pm CI.

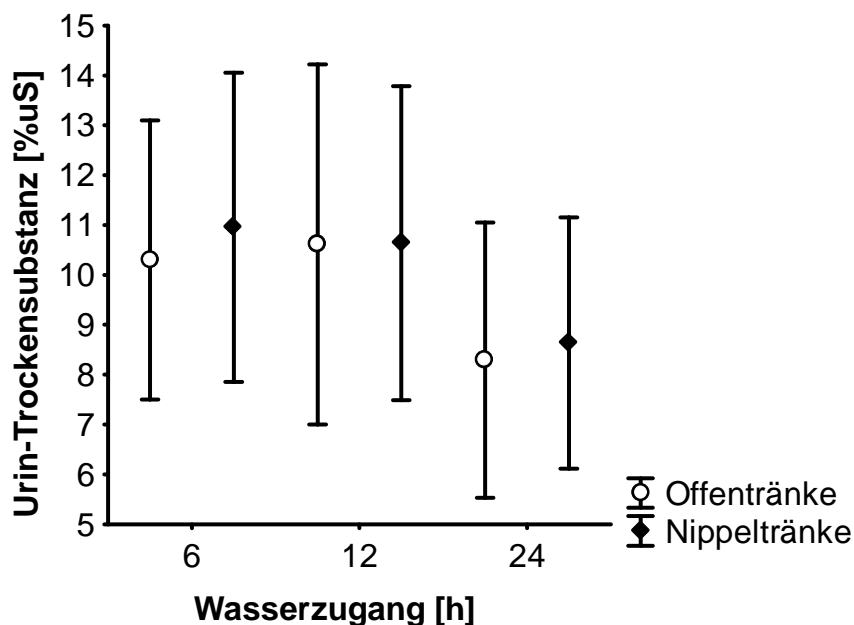


Abbildung 37.
 Urin-Trockensubstanzgehalt,
 bei 12 Kaninchen unter
 verschiedenen
 Wasserzugangszeiten (6 h,
 12 h und 24 h) und
 Tränkesystemen (Offen-
 und Nippeltränke)
 während je 4 d.
 Mittelwerte \pm CI.

6.4.5 Blutwerte

Auch bei den Versuchsphasen mit Wasserrestriktion unterschieden sich die meisten Blutwerte nicht signifikant. So war bei Hämatokrit, Totalprotein, Albumin, Chlorid, Magnesium, totalem Calcium und Phosphor kein Einfluss der Wasserrestriktion messbar. Natrium, Kalium, Creatinin und Harnstoff hingegen unterschieden sich signifikant zwischen den verschiedenen Wasserzugangsdauern, allerdings zeigten nicht alle das gleiche Muster und alle Werte befanden sich innerhalb der Referenzwerte. Natrium war am niedrigsten bei 24 h Wasserzugang und am höchsten bei 12 h Zugang. Die Kaliumwerte hingegen lagen am tiefsten bei 12 h und 24 h Wasserzugang und am höchsten bei 6 h. Je kürzer der Wasserzugang umso tiefer lagen die Creatinin-, umso höher aber die Harnstoffwerte. Creatinin war ausserdem in Gruppe B höher als in Gruppe A und Harnstoff war höher bei Nippel- als bei Offentränke.

7 Diskussion

7.1 Kritik der Methode

7.1.1 Versuchsanordnung

Wegen möglicher Umwelteinflüsse wurden die verschiedenen Versuchsphasen möglichst verteilt angeordnet. Der Wahlversuch fand jedoch für alle Tiere am Anfang statt, weil er nicht mit den anderen Phasen verglichen wurde – die Messperiode 2 des Wahlversuchs diente gleichzeitig als Angewöhnung an die Metabolismuskäfige und wurde daher in die Auswertung nicht miteinbezogen. Aus logistischen Gründen wurden die 12 h Wasserrestriktionen parallel geführt für alle Tiere und ebenso die Kontrollphasen mit *ad libitum* Wasser (I, J, i und j), sodass all diese Phasen in den wärmsten Monaten Juli und August stattfanden: Die 18 h Wasserrestriktion war hingegen auf die kühleren Monate Februar bis Juni verteilt. Ein Einfluss von Jahreszeit und/oder Temperatur könnte die Resultate, besonders bezüglich Wasser- und Futteraufnahme, beeinflusst haben und so den Vergleich erschweren. In einem zukünftigen Versuch wäre es daher wichtig, auch die 12h Wasserrestriktion zu randomisieren, oder noch besser in einem klimakontrollierten Raum durchzuführen.

Die 2 Tage dauernde Anpassung an die jeweils neuen Bedingungen erschien ausreichend lang und die 9 tägige Versuchsphase 1 entspricht durchschnittlich mehr als 10 Darmpassagen (von Partikelmarkern) (Carabaño und Piquer 1998), sodass davon auszugehen ist, dass die Ausscheidungen tatsächlich die jeweilige Fütterung widerspiegeln.

7.1.2 Versuchstiere

Die Versuchstiere waren eine inhomogene Gruppe Zwergkaninchen unterschiedlicher Rassen, Geschlechter und Alter. Mögliche Einflüsse dieser Parameter konnten allerdings nicht untersucht werden bei einer so geringen Anzahl Tiere. Die Rasse kann die Wasseraufnahme beeinflussen (Zumbrock 2002; Marai *et al.* 2005). Zwergkaninchen zeigen die verhältnismässig grösste Wasseraufnahme im Vergleich mit schwereren Rassen (Zumbrock 2002). Somit bieten sich Zwergkaninchen als Versuchstiere an, um sicherzugehen, dass der Wasserbedarf nicht unterschätzt wird. Die Vermutung liegt nahe, dass es auch innerhalb der Zwergkaninchen Unterschiede gibt, diese konnten in diesem Versuch allerdings nicht

untersucht werden, wenn auch der Eindruck entstand, dass Zwergwidder eher eine höhere Wasseraufnahme- und -ausscheidung zeigten als beispielsweise die blauroten Farbenzwerge. Das Alter wird als Einflussfaktor auf die Wasseraufnahme kontrovers diskutiert: Bei Cizek (1961) tranken ältere Tiere mehr als jüngere, während Henaff und Perrier (1979) keinen Alterseffekt beobachten konnten. Die Tiere im vorliegenden Experiment waren alle adult, ein Alterseinfluss kann aber nicht ausgeschlossen werden. Um Rasse-, Alters- und Geschlechtseinflüsse zu untersuchen, wären mehr Versuchstiere nötig gewesen.

7.1.3 Haltung

Einzelhaltung ist für Kaninchen keine optimale Haltungsweise (Morgenegg 2000). Die Kontaktmöglichkeit über die Löcher in den Wänden sollte daher als Bereicherung dienen – die Möglichkeit wurde von den Tieren auch genutzt. Langeweile kann zu psychogener Polydipsie führen (Potter und Borkowski 1998). Ein vermehrtes Trinken aus Langeweile kann daher nicht ausgeschlossen werden. Die Kaninchen zeigten in den Stoffwechselkäfigen Stereotypen. Die Stoffwechselkäfige hatten allerdings keinen signifikanten Effekt auf Futter- und Wasseraufnahme, so dass zumindest keine Verstärkung einer allfälligen haltungsbedingten Polydipsie beobachtet werden konnte und Messperiode 1 und 2 bezüglich Wasser- und Futteraufnahme nicht separat untersucht wurden.

7.1.4 Fütterung

Die verwendeten Futtermittel wurden aufgrund ihrer Praxisnähe gewählt. Heu, Körnermischungen und Frischfutter werden in der Hobbyhaltung von Kaninchen häufig eingesetzt (Mullan und Main 2006; Schepers *et al.* 2009), aber auch pelletierte Futtermittel kommen, v.a. bei Züchtern, zum Einsatz (Tschudin *et al.* 2010b). Als Frischfutter wurde frische Petersilie eingesetzt wegen der ganzjährigen Verfügbarkeit und der erwünschten Zusammensetzung (hoher Wassergehalt und hohes Ca:P Verhältnis). Problematisch für eine Versuchsanordnung sind die inhomogene Zusammensetzung und die Möglichkeit der selektiven Futteraufnahme bei Heu, Petersilie und Körnermischung, wobei die beiden letzteren mehrheitlich vollständig gefressen wurden. Pelletfuttermittel sind hinsichtlich Selektion und Standardisierung des Futters geeigneter als die verwendeten Einzelfuttermittel, werden aber selten als Alleinfuttermittel eingesetzt in der Hobbyhaltung (Tschudin *et al.* 2010b). Die Fütterungen mit hohem Körneranteil entsprechen nicht den

Fütterungsempfehlungen (Irlbeck 2001), sollen aber die *ad libitum* Körnerfütterung vieler Kaninchenhalter widerspiegeln.

7.1.5 Gewichtsentwicklung

Eine *ad libitum* Fütterung mit hohem Körner- oder auch Pelletanteil liess das Körpergewicht gewisser Tiere ansteigen. Individuelle Unterschiede machten sich dabei stark bemerkbar – die Tiere, die stark an Gewicht zunahmen, frassen zusätzlich zu den berechneten Rationen mehr Heu als erwartet. Erklärt werden könnte dies durch den schnellen Verzehr der energiereichen Futtermittel und der anschliessenden langen Zeit bis zur nächsten Fütterung, sodass vermehrt Heu aufgenommen wurde. Bei reiner Heufütterung verloren die meisten Tiere an Gewicht. Dies ist aber nicht als Hinweis zu verstehen, dass eine reine Heufütterung für den Erhaltungsbedarf von Kaninchen nicht ausreicht (Burger 2009), sondern eher als Zeichen dafür zu werten, dass die Tiere auf einem weniger beliebten Futtermittel Übergewicht abbauten.

7.1.6 Gesundheitszustand

Zwei relevante Gesundheitsprobleme sind während des Versuchs aufgetreten: Einerseits die überhöhte Aufnahme von Körnerfutter, die zu Obstipationen und Tympanien führen kann (Ewringmann 2005). Durch limitiertes Angebot von Körnern (mit 90% des Energiebedarfs in Phase c und d immer noch sehr hoch) und sorgfältige Futterumstellung über zwei Tage konnten weitere Probleme verhindert werden. Die zweite aufgetretene Krankheit war leichtgradige Pododermatitis bei allen Tieren. Pododermatitis ist eine chronische ulzerative granulomatöse Dermatitis am Metatarsus und wird v.a. bei übergewichtigen, inaktiven Kaninchen gesehen, die auf nasser Einstreu oder auf Gitterboden gehalten werden (Meredith 2006). Die Haltung auf Gitter- bzw. Lochboden in den Stoffwechselkäfigen dürfte bei den Kaninchen der vorliegenden Studie den auslösenden Faktor dargestellt haben. Nach Versuchsende wurden die Kaninchen wieder in ihre gewohnte Haltung zurückgegeben, wo die Pododermatitis bei allen Tieren komplikationslos abheilte.

7.1.7 Probensammlung und Analyse

Wir verwendeten ein ähnliches Studiendesign wie die Studie von Burger (2009), was auch zu ähnlichen Problemen in der Probensammlung führte. Die Messung von Futter- und Wasserverbrauch wurde so exakt als möglich durchgeführt, dennoch können Messfehler

entstanden sein, z.B. bei Tieren, die das Heu stark verstreuten und mit Einstreu vermischten oder aber bei Tieren, die Wasser in kleinen Portionen, für uns nicht sichtbar, verschütteten. Auch Kot- und Urinmessung unterlagen kleineren Ungenauigkeiten: Sowohl Kot- als auch Urin waren nicht vor Verdunstung geschützt. Ausserdem kam es vor, dass die Kotballen von Urinsediment bedeckt waren. Gerade bei Tieren mit geringer Urinausscheidung und starker Sedimentbildung, konnte nicht die gesamte Menge, v.a. vom Sediment, aufgefangen werden. Ein Teil blieb sowohl auf dem Boden des Stoffwechselkäfigs als auch in der Auffangwanne zurück und war der Analyse nicht zugänglich. All diese Ungenauigkeiten könnten nur umgangen werden, indem geschlossene Metabolismuskäfigsysteme verwendet würden mit separatem Auffangmechanismus für Kot und Urin. Dies stellte allerdings eine starke Einschränkung für die Tiere dar und wäre im Rahmen dieser Untersuchung nicht gerechtfertigt. Das Urinsediment wurde nicht getrennt beurteilt, sondern nur im Rahmen der TS- und Mineralstoffbestimmung. Die Analyse der Petersilie wich bezüglich TS-Gehalt, Rohprotein- und Rohfettgehalt von den Literaturangaben ab ((Kamphues *et al.* 2009) vgl. auch Anhang, Tabelle 28). Erklärt werden könnten diese Unterschiede durch die sehr variable Zusammensetzung der Petersilie. Die von uns verwendete Petersilie hatte einen sehr hohen Stängelanteil im Vergleich zu Petersilie, die im Detailhandel erhältlich ist.

7.1.8 Statistik

Das Generalized Linear Model umfasst verschiedene Modelle der multiplen linearen Regression und kann eingesetzt werden, wenn in einem komplexen Studiendesign mehrere unabhängige Variablen auf eine abhängige Variable getestet werden sollen (Petrie und Watson 2006). Da in unserer Studie zwar zahlreiche Messwerte vorlagen, diese aber von denselben 12 Tieren stammten, wurde die repeated measures ANOVA als das geeignetste Modell angesehen. Variablen, die sich während der Messphasen kontinuierlich änderten, z.B. die Temperatur oder auch die Rationszusammensetzung, mussten separat in einem anderen Modell getestet werden unter Annahme, die Daten seien voneinander unabhängig. Da sich ungefähr die Hälfte jener Daten nicht normalverteilt präsentierte, wurde auf einen nicht-parametrischen Test zurückgegriffen. Da sich bei weiterer Untersuchung mittels Generalized Linear Model durchwegs normalverteilte und ausgeglichene Residuen ergaben, konnten Gruppenunterschiede dennoch mittels ANOVA getestet werden. Mit 6 Kaninchen pro Gruppe ist die Stichprobengrösse allerdings bezüglich Freiheitsgrade limitierend. Fast

alle gemessenen Einflüsse unterschieden sich signifikant zwischen den einzelnen Individuen, daher wurde das Tier als Zufallsfaktor in den Generalized Linear Models einbezogen.

7.2 Beobachtungen während des Versuchs

7.2.1 Verhalten

In den eingestreuten Boxen zeigten die Kaninchen keine Verhaltensauffälligkeiten. Durch die erhöhte Fläche, die Einstreu und den Unterschlupf waren Elemente von physikalischem Enrichment vorhanden; das Haltungssystem hat sich in dieser Form bewährt. Die Schnupperlöcher ermöglichten soziale Kontakte und zeigten sich als eine gute Herangehensweise in einem Versuch, in dem Einzelhaltung unumgänglich ist. In den Stoffwechselkäfigen sind mit repetitivem Scharren an Wänden und in Ecken, mit Gitterbeissen und –lecken abnorme Verhaltensweisen aufgetreten. Stereotypien werden mit suboptimalen Haltungsbedingungen assoziiert und stellen einen Indikator für das Wohlergehen dar (Mason 1991). Laborkaninchen, welchen ein Unterschlupf und eine erhöhte Fläche zur Verfügung gestellt wurden, zeigten weniger Stereotypien (Hansen und Berthelsen 2003). Auch Kaninchen in Gruppen (Podberscek *et al.* 1991) oder in Paaren zeigten weniger abnormes Verhalten als einzeln gehaltene Tiere (Chu *et al.* 2004). Das Auftreten von Stereotypien in den Stoffwechselkäfigen kann daher sowohl durch fehlende soziale Stimulation als auch durch die wenig strukturierte Käfighaltung erklärt werden.

7.2.2 Futteraufnahme

Eine deutliche Selektion bei der Körnermischung konnte beobachtet werden, in dem Sinne, dass die Mineralpellets erst am Schluss gefressen oder bei einem Tier auch stehen gelassen wurden. Ebendieses Resultat ergab die Umfrage von Harcourt-Brown (1996). Sie stellte auch fest, dass ein Grossteil der Befragten den Futternapf wieder füllte, bevor er ganz leer war. Dies kann dazu führen, dass die Kaninchen eine unausgewogene Ration aufnehmen, speziell auch hinsichtlich der Mineralstoffe (besonders Ca und P), was sich wiederum negativ auf die Zahngesundheit auswirken kann (Harcourt-Brown 1996). Körnerfutter ist weiterhin problematisch, weil es einen hohen Stärke-, Fett- und Energiegehalt aufweist bei gleichzeitig geringem Fasergehalt. Die Aufnahme grösserer Mengen an stärke- und fettreichem Futter kann daher zu Verdauungsstörungen, wie z.B. Tymanien und Obstipationen führen oder aber zu Obesitas (Ewringmann 2005) und sollte weitgehend vermieden werden (Rees Davies

und Rees Davies 2003). Der Körneranteil in der Ration sollte daher am besten durch ein faserreiches Pelletfuttermittel ersetzt werden. Healthy Rabbit Pro hat sich in unserem Versuch gut bewährt. Es ähnelt in seiner Zusammensetzung dem Heu. Allerdings führte die Fütterung mit HRP zu höheren TS-Aufnahmen als eine reine Heufütterung – es sollte daher restriktiv und immer in Kombination mit Heu angeboten werden. Das Laborpelletfutter wurde weniger gut akzeptiert als HRP und hat einen geringeren Fasergehalt, es kann aber bei gleichzeitigem Heuangebot ebenfalls restriktiv eingesetzt werden. Die Petersilie war bei allen Tieren mit Ausnahme von einem Kaninchen sehr beliebt und eignete sich gut als Frischfutter.

7.2.3 Wasseraufnahme

Sowohl die Nippel- als auch die Offentränken wurden von den Kaninchen gut akzeptiert; allerdings wurde an der Nippeltränke wiederholt beobachtet, dass die Kaninchen den Kopf schräg stellten (vgl. auch Abbildung 12) und am Nippel zerrten und hinein bissen. Die Wasseraufnahme erschien durch die Nippeltränke erschwert. Der Grund dafür könnte in der Wasseraufnahmegeschwindigkeit liegen, die bei der Nippeltränke drei- bis viermal tiefer ist als bei der Offentränke (Tschudin *et al.* 2010a).

Die meist genannten Kritikpunkte an den Offentränken sind die leichte Verschmutzbarkeit und das mögliche Ausleeren (Drescher und Hanisch 1995; Lowe 1998; Quesenberry und Carpenter 2004). In unserer Studie wurde ersichtlich, dass dies nur in den Stoffwechselkäfigen ein Problem darstellte (vgl. Tabelle 20), in denen die Offentränke auf dem Boden platziert werden musste und der Raum insgesamt klein war. In den eingestreuten Boxen, wo die Tränke auf der erhöhten Fläche angeboten wurde, war die Tränke - wenn überhaupt - meistens nur leicht verschmutzt und nur sehr selten ausgeleert. Wir hatten keine Hinweise dafür, dass eine leichte Tränkeverschmutzung (vgl. auch Abbildung 10) die Wasseraufnahme aus der Tränke behinderte.

7.3 Wahlversuch

Obwohl alle 12 Kaninchen an Nippeltränken gewöhnt waren, bevorzugten sie deutlich die Offentränke, indem sie fast ausschliesslich aus der Offentränke tranken. Wir empfehlen daher die Offentränke für die Hobbyhaltung von Kaninchen. Wie in der Literaturübersicht bereits erwähnt, zeigten die Resultate von Drescher und Hanisch (1995), dass jüngere Kaninchen die Niederdruckschalentränke bevorzugten, ältere (aber noch immer junge)

Kaninchen hingegen die Nippeltränke, indem sie mehr Zeit an diesen Tränken verbrachten. Da sich die Trinkgeschwindigkeit an verschiedenen Tränketypen aber unterscheidet (Tschudin *et al.* 2010a), heisst das nicht automatisch, dass sie auch mehr Wasser aus diesen Tränken getrunken hatten.

Die Höhe der Nippeltränke schien individuellen Vorlieben zu unterliegen und keinen bestimmten Mustern, auch nicht der Körpergrösse. Eine Studie an Mastküken zeigte, dass es keine spezifische Präferenz gab für verschieden hohe Offentränken (Houldcroft *et al.* 2008). Dagegen bevorzugten die Mastküken Nippeltränken, die tiefer angebracht wurden als die Standardhöhe. Auch die Hühner wählten die Offentränke, wenn sie die Wahl zwischen Offen- und Nippeltränke hatten (Houldcroft *et al.* 2008).

7.4 Verschiedene Fütterungen bei *ad libitum* Wasserangebot

Ein Ziel der Studie war herauszufinden, wie verschiedene Fütterungen bei *ad libitum* Wasserangebot die Wasseraufnahme und –ausscheidung beeinflussen, besonders in Hinsicht auf Harnsteinprophylaxe. Die Ätiologie von Harnsteinen bei Kaninchen wird als multifaktoriell betrachtet, v.a. ernährungsbedingte Einflüsse (hoher Calciumgehalt) werden vermutet wegen des speziellen Calciumhaushalts des Kaninchens (Kamphues 1991; Kamphues 1999). Burger (2009) konnte experimentell trotz hohen Ca-Gehalts der Ration keine Harnsteine provozieren, was zur Annahme führte, dass die freie Wasseraufnahme die Bildung von Harnsteinen in ihrer Studie verhindert hatte. Allerdings handelte es sich auch um junge Kaninchen und die Studie war kurz, was ebenfalls Gründe für die Verhinderung einer Harnsteinbildung sein könnten. Um Harnsteine vorzubeugen, wird u.a. empfohlen, die Gesamtwasseraufnahme zu erhöhen (Fritz 2009). Bei Hunden und Katzen kann die Gesamtwasseraufnahme erhöht werden, indem der Wassergehalt des Futters angehoben wird (Kane *et al.* 1981; Stevenson *et al.* 2003). Auch bei Kaninchen konnte schon gezeigt werden, dass die Gabe von Frischfutter die Wasseraufnahme, v.a. aber auch das Wasser:TS-Verhältnis erhöht (Bucher 1994; Schwabe 1995; Wenger 1997; Wolf *et al.* 1999). Wolf *et al.* (2008) untersuchten auch den Ca-Gehalt im Urin und fanden, dass dieser bei Frischfuttergabe trotz relativ hoher Calciumaufnahme (450 mg/d) tiefer war (0.89 mg/ml Urin) als bei trockenen Rationen (Ca-Aufnahme Mischfutter: 250 mg/d; 1.98 mgCa/ml Urin). Die Zugabe von Frischfutter erhöhte die Wasserausscheidung über den Urin; diejenige des Kots blieb unverändert (Schwabe 1995; Wolf *et al.* 2008).

In der vorliegenden Studie wurden ähnliche Resultate gefunden. Die Gesamtwasseraufnahme konnte durch Frischfutteranteile in der Ration erhöht werden. Je höher der Anteil an Petersilie in der Ration war, umso höher waren sowohl Futter- als auch Gesamtwasseraufnahme und umso höher auch das Wasser:TS-Verhältnis. Zwischen den verschiedenen trockenen Rationen zeigten sich aber durchaus auch Unterschiede: Während sich die Rationen Kö90, Kö50 und Pell nicht stark voneinander unterschieden bezüglich Wasseraufnahme, führten Heu und das heuähnliche Pelletfutter HRP zu deutlich höheren Wasseraufnahmen. Diese beiden Futtermittel weisen einen hohen Rfa-Anteil auf, was die Wasseraufnahme begünstigt (Harkness und Wagner 1995). Cheeke (1987) zeigte, dass beispielsweise Luzerneheu und Trockenschnitzel *in vitro* viel grössere Mengen Wasser absorbierten als Weizen und Mais. Jin *et al.* (1990) fanden, dass Kaninchen mit einer faserreichen Fütterung (NDF: 23.7%) bei 20 °C eine höhere Futterwasser- und Trinkwasseraufnahme zeigten und auch mehr metabolisches Wasser produzierten als bei einer faserärmeren Fütterung (NDF: 16.5%). Die Tiere wiesen auch eine höhere Wasserbilanz auf (vgl. auch Tabelle 2). Bei 30 °C hingegen waren zwar ebenfalls alle Komponenten der Wasseraufnahme erhöht bei hohem Fasergehalt, die Wasserbilanz jedoch nicht (Jin *et al.* 1990). Die erhöhte Wasseraufnahme bei faserreichem Futter könnte mit dem speziellen Trennmechanismus im Colon von Kaninchen in Zusammenhang stehen (Björnhag und Snipes 1999): Der Verdauungsbrei im Colon wird durch aktive sezernierte Flüssigkeit retrograd durchgespült, so dass Bakterien und Feinstpartikel ins Caecum zurückgewaschen werden. Sie bilden dann die Grundlage für den Weichkot. Da bei faserreicherer Fütterung von Kaninchen mehr Weichkot genutzt wird (Fekete und Bokori 1985), könnte man vermuten, dass dafür entsprechend mehr Flüssigkeit vonnöten ist. Eine weitere Erklärung könnte die erhöhte Speichelproduktion sein, die für das längere Kauen von Heu nötig ist (Wenger 1997; Zumbrock 2002).

Eine hohe Gesamtwasseraufnahme führte zu einer erhöhten Wasserausscheidung, v.a. über den Urin. Dieses Resultat deckt sich auch mit dem anderer Studien, z.B. mit der von Burger (2009) (vgl. auch Abbildung 1) und Bucher (1994). Wie auch bei Schwabe (1995) (vgl. S. 14) gab es einen linearen Zusammenhang zwischen der Gesamtwasseraufnahme und der Menge ausgeschiedenen Urins ($y = -34.974 + 0.5958x$; multiple Regression: $r = 0.928$, $n = 117$, $p < 0.001$). Indem die Wasseraufnahme über Frischfutterzugabe gesteigert wurde, konnten gleich zwei positive Effekte bezüglich Harnsteinprophylaxe erreicht werden: Einerseits stieg

die Urinmenge, andererseits sank die Urin-TS. Auch die Kot-TS sank bei steigender Wasseraufnahme. Besonders ideal hinsichtlich Harnsteinprophylaxe erschienen in unseren Resultaten die Futterkombination aus Petersilie und Heu mit einem Anteil der aufgenommenen Energie von mind. 50% Petersilie. Dies entspricht bei einem 1 kg schweren Zwergkaninchen etwa 130 g frischer Petersilie, bei einem 2 kg schweren Tier etwa 220 g Petersilie (Berechnung gemäss Kamphues 2009). Im Versuch von Schwabe (1995) hatten die Tiere sowohl Pellet-, als auch Frischfutter zur freien Verfügung. Die freiwillige Frischfutteraufnahme belief sich auf ungefähr 50% der total aufgenommenen TS (Schwabe 1995).

Bei steigendem Futterwasser stieg das Wasser:TS-Verhältnis, bei steigender Tränkewasseraufnahme sank es aber. Dies lässt sich damit erklären, dass hohe Tränkewasseraufnahmen v.a. bei sehr trockenen Rationen mit wenig Heuanteil realisiert wurden, die insgesamt in einer tieferen Gesamtwasseraufnahme resultierten als Rationen mit Frischfutter. Will man die Gesamtwasseraufnahme also effizient steigern, empfiehlt sich eine erhöhte Frischfuttergabe. Die Petersilie hat selbst einen hohen Wasseranteil und steigert die Gesamtwasseraufnahme über die grosse Futterwasseraufnahme. Die Tränkewasseraufnahme ging zwar bei hohem Petersilienanteil markant zurück, sank aber nicht auf Null. Dieselbe Beobachtung machte auch Schwabe (1995); dort ging die Trinkwasseraufnahme auf 2-6% der Menge bei alleinigem Mischfutterangebot zurück. Auch das Heu zeigte einen positiven Effekt auf die Wasseraufnahme und –ausscheidung, allerdings über das Tränkewasser. Hinsichtlich der Wasserversorgung sind daher Frischfutter und Heu eindeutig trockenen Körnermischungen oder pelletierten Mischfuttern vorzuziehen.

Das Premium Pelletfutter HRP zeigte ebenfalls einen positiven Effekt auf die Tränkewasseraufnahme, allerdings weniger ausgeprägt als das Heu, was vermutlich an der Struktur des Futtermittels liegt. Pelletierte Futtermittel haben den Nachteil, dass sie zu weniger Kauaktivität führen als Heu, sodass die positiven Effekte des verminderten Zahnabriebs sowie der Beschäftigung verloren gehen (Bucher 1994; Wenger 1997; Zumbrock 2002). Ist aber die Verdaulichkeit des Pelletfutters ähnlich gering wie die von Heu, so ist dieser Nachteil dadurch abgeschwächt, dass die Tiere auch von diesem Futter grössere Mengen aufnehmen müssen.

Die Körnermischung beeinflusste die Wasseraufnahme eher negativ. Dies könnte damit erklärt werden, dass bei hohen Anteilen an Körnerfutter weniger Heu aufgenommen wurde

und so auch weniger Tränkwasser. Wie bereits oben erwähnt, haben Körnerfutter noch weitere Nachteile, u.a. dass sie sehr energiereich sind und v.a. bei *ad libitum* Angebot zur Verfettung der Tiere führen. Ausserdem verkleinerte sich das Ca:P-Verhältnis mit steigendem Körneranteil, was negative Effekte auf die Zahngesundheit haben kann (Harcourt-Brown 1996). Zusätzlich enthalten die Körner viel Stärke, was sich negativ auf die Darmgesundheit und auf die Mortalität von Jungkaninchen auswirken kann (Perez *et al.* 2000).

Da bei den Kaninchen die Harnsteine fast immer calciumhaltig sind (Ewringmann 2005), interessiert auch, wie sich die Ca-Ausscheidung bei den verschiedenen Fütterungen verändert. Wie auch bei Wolf *et al.* (2008) (vgl. Seite 89) wurden auch in unseren Resultaten die geringsten Ca-Konzentrationen im Urin gefunden, wenn Frischfutter oder aber Heu alleine verfüttert wurde. Wie auch in anderen Studien führte in unserer Studie eine erhöhte Ca-Aufnahme zu einer höheren Ca-Konzentration des Urins. Ein steigender Ca-Gehalt der Trockensubstanz der Ration schien aber im Gegensatz zu vielen anderen Studien nicht zu erhöhter Urin-Ca-Konzentration zu führen. Tatsächlich ergab sich innerhalb unserer Studie keine Korrelation zwischen Ca-Gehalt der Ration und Ca-Aufnahme (Abbildung 38).

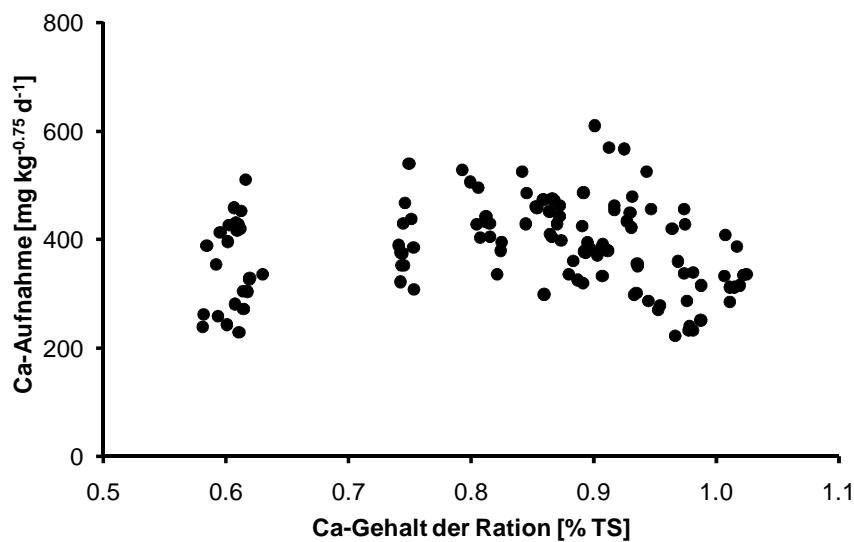


Abbildung 38. Ca-Aufnahme in Abhängigkeit des Ca-Gehalts der Ration bei 12 Kaninchen während insgesamt 10 Fütterungen. Jeder Datenpunkt entspricht dem Mittelwert eines Kaninchens über 13 Tage.

Stellt man die eigenen Daten allerdings in den grösseren Zusammenhang durch Ergänzung mit Literaturdaten, so ergibt sich das erwartete Muster (Multiple Regression: $r = 0.811$, $p < 0.001$, $n = 202$) (Abbildung 39).

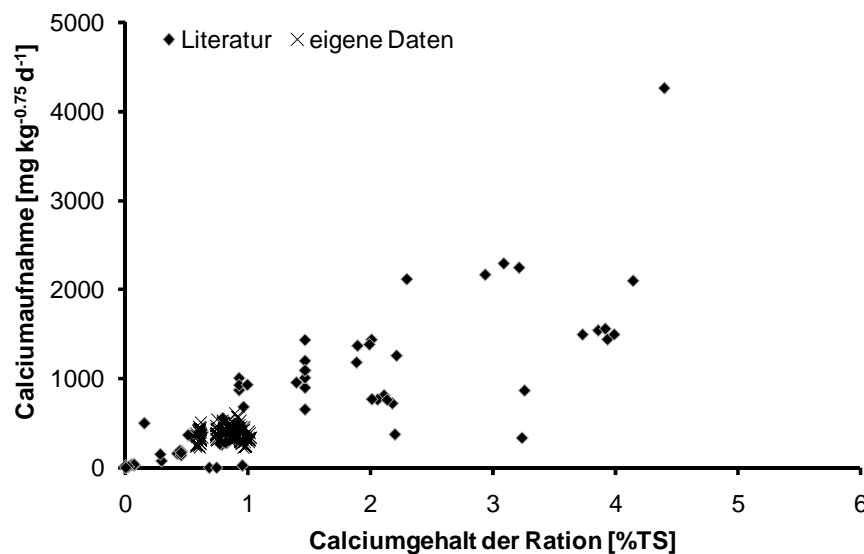


Abbildung 39.
Calciumaufnahme
in Abhängigkeit des Ca-
Gehalts der Ration.
Eigene Daten im
Vergleich zu
Literaturdaten: (Bourne
und Campbell 1932; Buss
und Bourdeau 1984;
Carstensen 1984;
Bourdeau *et al.* 1986;
Eddy *et al.* 1986;
Kamphues *et al.* 1986;
Barr *et al.* 1991; Ritskes-
Hoitinga *et al.* 2004;
Burger 2009).

Unsere Studie unterscheidet sich diesbezüglich von anderen Studien aus der Literatur, weil wir nicht allein den Ca-Gehalt der Futtermischung durch gezielte Mineralzulagen (z.B. Einmischung verschiedener Mengen von Mineralvormischung in ein pelletiertes Mischfutter) variierten, sondern verschiedene praxisnahe Futterkombinationen verwendeten. Dies führte dazu, dass Rationen mit einem hohen Ca-Gehalt zugleich solche mit einer höheren Dichte an verdaulicher Energie waren (Abbildung 15). Von Ca-reichen Rationen wurden geringere Mengen aufgenommen als von weniger Ca-reichen Rationen, so dass die Gesamt-Aufnahme an Ca bei Rationen mit geringerem Ca-Gehalt höher war. Der Ca-Gehalt der Ration kann in unserer Studie also nicht direkt mit der Ca-Ausscheidung über den Urin in Zusammenhang gebracht werden. Die Ca-Aufnahme der Kaninchen ist daher v.a. in der Hobbyhaltung nicht ohne Weiteres über den Ca-Gehalt der Futtermischung steuerbar; die Menge der aufgenommenen Ration muss ebenfalls beachtet werden. Um geringe Ca-Gehalte im Urin zu erreichen, empfiehlt sich daher, die Gesamtwasseraufnahme zu erhöhen, bzw. die Ration vorwiegend aus Frischfutter und Heu zusammenzustellen. Um die Mechanismen zur Ca-Aufnahme und -Ausscheidung genauer zu untersuchen, wären Futtermittel nötig, die sich nur in ihrem Ca-Gehalt unterscheiden, was aber nicht dem praxisnahen Ansatz unseres Versuchs entsprochen hätte.

Die Temperatur hatte in unserer Studie keinen direkten Einfluss auf die Wasseraufnahme, auf die TS-Aufnahme hingegen schon, was zu den widersprüchlichen Literaturangaben passt (vgl. auch Literaturübersicht). Wie auch bei Jin *et al.* (1990) war die Kot-TS bei hohen Temperaturen höher als bei tieferen, allerdings könnte der auch durch erhöhte Verdunstung

von Kotwasser nach der Ausscheidung herrühren. Die Urinausscheidung war von der Temperatur nicht beeinflusst.

Im Sinne einer Harnsteinprophylaxe empfehlen wir aus oben genannten Gründen eine Fütterung, die sich aus einem grossen Anteil Frischfutter (möglichst zucker-/stärkearm) sowie aus Heu *ad libitum* zusammensetzt, zusätzlich kann, v.a. im Winter bei Aussenhaltung oder während der Laktation, pelletiertes Alleinfuttermittel, z.B. HRP, restriktiv zum Einsatz kommen.

Die Tränke beeinflusste bei *ad libitum* Wasserangebot weder Wasser- noch Futteraufnahme. Allerdings könnten die Unterschiede im Gehalt an Kot-TS und Kotmenge zwischen Nippel- und Offentränke durchaus einen Hinweis auf erste Kompensationsmechanismen bei Angebot von Nippeltränken darstellen. Um den Verdacht zu erhärten, müssten allerdings Studien mit einer grösseren Anzahl Tiere durchgeführt werden.

7.5 Wasserrestriktion

Sowohl die Wasser- als auch die Futteraufnahme waren bei 12 h Wasserrestriktion tiefer im Vergleich zum *ad libitum* Wasserangebot. Dieses Resultat deckt sich mit dem anderer Studien (vgl. auch Tabelle 14), welche ebenfalls eine verminderte Futter- und Wasseraufnahme beschrieben. Die TS-Aufnahme war in unserer Studie allerdings bei 18 h Wasserrestriktion am höchsten – sogar höher als bei *ad libitum* Wasserzugang. Dies könnte damit erklärt werden, dass die 6 h Wasserzugangsversuche während der kälteren Jahreszeit (Februar bis Juni), die 12 h und 24 h Wasserzugänge hingegen in den Sommermonaten Juli und August durchgeführt worden sind. Bei höheren Temperaturen sank die TS-Aufnahme und damit auch die Kotausscheidung. Trotz der höheren Futteraufnahme gab es deutliche Unterschiede im Wasser:TS-Verhältnis, das bei längerem Wasserzugang höher war.

Obwohl die Tiere keine klinischen Anzeichen einer Dehydratation aufwiesen, konnten durch die Wasserrestriktion gegenregulatorische Mechanismen beobachtet werden: So stiegen Kot- und Urin-TS-Gehalt bei Wasserrestriktion an und die Urinmenge nahm ab, was auf vermehrte Wasserrückresorption schliessen lässt. Bei Schwabe (1995) führte die Wasserrestriktion zu keinen signifikanten Änderungen in Kot- und Urinparametern, allerdings stand dort allen Tieren Saftfutter *ad libitum* zur Verfügung.

Bei Wasserrestriktion begann die Art der Tränke eine Rolle zu spielen. Im Gegensatz zu der *ad libitum* Wasseraufnahme bei verschiedenen Fütterungen (siehe oben) gab es bei

Wasserrestriktion Unterschiede sowohl in der Futter- und Wasseraufnahme als auch in der Urinmenge je nach angebotenen Tränketyp. Die Nippeltränke führte zu geringerer Futter- und Wasseraufnahme und zu einer kleineren Urinmenge.

Die beiden Gruppen A und B unterschieden sich darin, dass Gruppe A während der Wasserrestriktion Frischfutter zur Verfügung hatte und Gruppe B nicht. Dass dadurch die Futterwasseraufnahme in Gruppe A höher und die Tränkewasseraufnahme tiefer war, erstaunt nicht. Wie auch bei *ad libitum* Wasserzugang bei verschiedenen Fütterungen (siehe oben) zeigten aber die Tiere mit Frischfutter eine höhere TS- und Gesamtwasseraufnahme. Das Angebot von Frischfutter hatte einen positiven Effekt auf den Wasserumsatz. Gruppe A schied mehr Urin aus als Gruppe B (RM, $p=0.008$), wenn sich auch die Urin-TS nicht signifikant zwischen den Gruppen unterschied. Bei Schwabe (1995) führte eine komplette Wasserrestriktion bei Angebot von Mischfutter und frischen Möhren ebenfalls zu einer reduzierten TS Aufnahme im Vergleich zur gleichen Fütterung mit *ad libitum* Wasser und führte auch zu einem Gewichtsverlust.

Bei Dehydratation können im Blut sowohl die Nierenwerte Harnstoff und Creatinin (Barsanti *et al.* 2006) als auch Hämatokrit und Totalprotein steigen, sowie der hauptsächlich für die Osmolalität verantwortlichen Elektrolyt Na (Toth und Gardiner 2000). An Ratten wurde beispielsweise gezeigt, dass 23h Wasserrestriktion zu einem Anstieg der Osmolalität führte (Gutman und Krausz 1969). Bei den Kaninchen in der Studie von Schwabe (1995) war jedoch kein Einfluss der Wasseraufnahme auf den Hämatokrit feststellbar und Gesamteiweiss und Harnstoffgehalt des Serums wiesen sogar die tiefsten Werte auf bei Wasserrestriktion. In unserer Studie waren Harnstoff, Creatinin sowie Na und K zwar signifikant unterschiedlich zwischen den verschiedenen Wasserzugangszeiten, allerdings nicht alle erhöht bei Wasserrestriktion. V.a. das tiefe Creatinin steht im Widerspruch zur geringeren Wasseraufnahme während des 6 h Wasserzugangs. Allerdings werden diese Blutwerte nicht nur durch den Hydrationsstatus, sondern auch durch andere Faktoren beeinflusst, z.B. Creatinin durch die Muskelmasse und Urea durch die Proteinaufnahme mit dem Futter (Bush 1991), sodass diese Faktoren möglicherweise einen grösseren Einfluss hatten.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass Wasserrestriktion auf die untersuchten Parameter entweder keinen oder einen negativen Einfluss hatte. Besonders wichtig erscheinen uns die verminderte Futter- und Wasseraufnahme, sowie die Veränderungen in Kot- und Urin-TS-Gehalten. Insbesondere bezüglich Harnsteinprophylaxe ist es von Vorteil,

die Gesamtwasseraufnahme und -ausscheidung so hoch als möglich zu gestalten (Grauer 2009). Eine geringe Wasseraufnahme hat aber nicht nur negative Auswirkungen auf die Gesundheit des Harntrakts, sondern kann, wie in der Literaturübersicht beschrieben, vielerlei Parameter negativ beeinflussen, u.a. auch die Mast- und Säugeleistung (Scheelje *et al.* 1975; Kamphues *et al.* 2009). Nicht zuletzt aus Tierschutzgründen stimmen wir daher mit den Empfehlungen anderer Autoren (Schwabe 1995; Wolf *et al.* 2008; Fritz 2009) überein, dass Kaninchen ständigen Zugang zu Wasser haben müssen und würden daher eine Änderung in der Schweizer Gesetzgebung bezüglich Wasserangebot der Kaninchen begrüßen.

8 Schlussfolgerungen

Insgesamt wurden grosse individuelle Unterschiede in Futter- und Wasseraufnahme bei den untersuchten Kaninchen festgestellt. Die gesetzten Fragestellungen liessen sich folgendermassen beantworten:

Bei *ad libitum* Wasserzugang konnte nur in Kotmenge und Gehalt an Kot-TS ein signifikanter Unterschied zwischen den Tränken gefunden werden – die Wasseraufnahme wurde nicht beeinflusst durch das Tränkesystem. Die Unterschiede beim Kot könnten aber durchaus einen Hinweis auf erste Kompensationsmechanismen darstellen. Bei restriktivem Wasserzugang wirkte sich die Tränketeknik hingegen deutlicher aus: Bei Nippeltränken war hier im Vergleich die Futter- und Wasseraufnahme vermindert; auch die Urin- und die Kotmenge waren tendenziell vermindert.

Aufgrund des negativen Einflusses unter Wasserrestriktion allerdings und wegen der deutlichen Präferenz der Kaninchen im Wahlversuch empfehlen wir, den Kaninchen Offentränken anzubieten. Um Verschmutzungen zu minimieren, sollte die Tränke auf einer erhöhten Fläche platziert werden.

Im Sinne einer Harnsteinprophylaxe empfiehlt sich aufgrund der gefundenen Ergebnisse eine Fütterung mit Heu und einem grossen Anteil an Frischfutter. Dadurch können sowohl die Wasseraufnahme als auch die –ausscheidung stark erhöht und die Calciumkonzentrationen im Urin verdünnt werden. Körnermischungen sind hinsichtlich einer Harnsteinprophylaxe aufgrund der bei ihnen reduzierten Wasseraufnahme ungünstig und sollten vermieden werden.

Eine Wasserrestriktion von 12 h und 18 h führte zwar nicht zu einer klinisch erkennbaren Dehydratation, allerdings spielten gegenregulatorische Mechanismen in Niere und Darm bereits eine Rolle, und die Wasseraufnahme war erniedrigt. Sowohl aus tierschützerischen als auch aus physiologischen Gründen ist ein beschränkter Wasserzugang daher abzulehnen.

9 Literaturverzeichnis

- Adolph EF, Northrop JP (1950) Thirst and its inhibition in the stomach. *American Journal of Physiology* 161:374-386.
- Antunes-Rodrigues J, De Castro M, Elias LLK, Valença MM, McCann SM (2004) Neuroendocrine control of body fluid metabolism. *Physiological Reviews* 84:169-208.
- Barr DR, Sadowski DL, Hu J, Bourdeau JE (1991) Characterization of the renal and intestinal adaptations to dietary calcium deprivation in growing female rabbits. *Mineral and Electrolyte Metabolism* 17:32-40.
- Barsanti JA, Lees GE, Willard MD, Green RA (2006) Urologische Störungen. In: Willard MD, Tvedten H (eds) *Labordiagnostik in der Kleintierpraxis*. Elsevier Urban&Fischer, München.
- Ben Rayana A, Ben Hamouda M, Bergaoui R (2008) Effect of water restriction times of 2 and 4 hours per day on performances of growing rabbits. In: Xiccato G, Trocino A, Lukefahr SD (eds) *9th World Rabbit Congress, Verona (Italy)*, p 185.
- Bigler L. (2005) Vollzugsunterstützung Kaninchen; Bundesamt für Veterinärwesen, Zentrum für tiergerechte Haltung: Geflügel und Kaninchen, Zollikofen.
- Björnhag G, Snipes RL (1999) Colonic separation mechanism in lagomorph and rodent species - a comparison. *Mitteilungen aus dem Museum für Naturkunde in Berlin. Zoologische Reihe* 75:275-281.
- Borghi L, Meschi T, Amato F, Briganti A, Novarini A, Giannini A (1996) Urinary volume, water and recurrences in idiopathic calcium nephrolithiasis: a 5-year randomized prospective study. *The Journal of Urology* 155:839-843.
- Bourdeau JE, Schwer-Dymerski DA, Stern PH, Langman CB (1986) Calcium and phosphorus metabolism in chronically vitamin D-deficient laboratory rabbits. *Mineral and Electrolyte Metabolism* 14:176-185.
- Bourne MC, Campbell DA (1932) Variations of serum-calcium in the rabbit. *Biochemical Journal* 26:183-195.
- Bucher L (1994) Fütterungsbedingte Einflüsse auf Wachstum und Abrieb von Schneidezähnen bei Zwergkaninchen. Dissertation: Freie Universität Berlin.
- Burger B (2009) Einfluss des Kalzium- und Phosphorgehaltes, insbesondere das Ca:P-Verhältnis, des Futters auf die Bildung von Nephrokalzinose und Urolithiasis beim Kaninchen. Dissertation: Klinik für Zoo-, Heim- und Wildtiere Vetsuisse-Fakultät, Universität Zürich.
- Bush BM (1991) Interpretation of laboratory results for small animal clinicians. Blackwell Scientific Publications, Oxford.
- Buss SL, Bourdeau JE (1984) Calcium balance in laboratory rabbits. *Mineral and Electrolyte Metabolism* 10:127-132.
- Carabaño R, Piquer J (1998) The digestive system of the rabbit. In: de Blas C, Wiseman J (eds) *The Nutrition of the Rabbit*. CABI Publishing CAB INTERNATIONAL, Oxon.
- Carles Y, Prud'hon M (1979) Influence of the watering time on growth and solid feed intake of rabbits submitted to a restriction in the duration of water availability. In: *Deuxièmes journées de la recherche cunicole en France, Toulouse*, p 134.
- Carpenter JW, Kolmstetter CM (2000) Feeding small exotic mammals. In: Hand MS, Thatcher CD, Remillard RL, Roudebush P (eds) *Small Animal Clinical Nutrition*. Mark Morris Institute, Kansas.

- Carstensen P (1984) Untersuchungen zum Kalziumstoffwechsel ausgewachsener Kaninchen. Dissertation: Institut für Tierernährung Tierärztliche Hochschule Hannover.
- Cervera C, Carmona JF (1998) Climatic environment. In: de Blas C, Wiseman J (eds) The Nutrition of the Rabbit. CABI Publishing CAB INTERNATIONAL, Oxon.
- Cheeke PR (1987) Rabbit feeding and nutrition. Academic Press, Inc., Orlando.
- Chu L, Garner JP, Mench JA (2004) A behavioral comparison of New Zealand White rabbits (*Oryctolagus cuniculus*) housed individually or in pairs in conventional laboratory cages. *Applied Animal Behaviour Science* 85:121-139.
- Cizek LJ (1959) Long-term observations on relationship between food and water ingestion in the dog. *American Journal of Physiology* 197:342-346.
- Cizek LJ (1961) Relationship between food and water ingestion in the rabbit. *American Journal of Physiology* 201:557-566.
- Cizek LJ, Nocenti MR (1965) Relationship between water and food ingestion in the rat. *American Journal of Physiology* 208:615-620.
- Coenen M (1999) Zur Wasserversorgung kleiner Heimtiere. In: Kamphues J, Wolf P, Fehr M (eds) Praxisrelevante Fragen zur Ernährung kleiner Heimtiere, Beiträge einer Fortbildungsveranstaltung des Institutes für Tierernährung und der Klinik für Haustiere. Tierärztliche Hochschule Hannover, Hannover.
- Denton DA, Nelson JF, Tarjan E (1985) Water and salt intake of wild rabbits (*Oryctolagus cuniculus* (L)) following dipsogenic stimuli. *Journal of Physiology* 362:285-301.
- Drepper, Weik (1972) Versuchstierernährung. Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg.
- Drescher B, Hanisch A (1995) Prüfung verschiedener Wassertränken unter Berücksichtigung des physiologischen Trinkverhaltens von Kaninchen. *Deutsche tierärztliche Wochenschrift* 102:365-369.
- Eberhard S (1980) The influence of environmental temperatures on meat rabbits of different breeds. In: 11th World Rabbit Congress, vol. 1, Barcelona, pp 399-409.
- Eddy AA, Falk RJ, Sibley RK, Hostetter TH (1986) Subtotal nephrectomy in the rabbit: a model of chronic hypercalcemia, nephrolithiasis, and obstructive nephropathy. *Journal of Laboratory Clinical Medicine* 107:508-516.
- Ewringmann A (2005) Leitsymptome beim Kaninchen, diagnostischer Leitfaden und Therapie. Enke Verlag, Stuttgart.
- Fehr M (1999) Diagnosen und Gründe für die Vorstellung von Heimtieren in der tierärztlichen Praxis. In: Kamphues J, Wolf P, Fehr M (eds) Beiträge einer Fortbildungsveranstaltung des Instituts für Tierernährung und Klinik für kleine Haustiere der Tierärztlichen Hochschule Hannover, 2.10.1999.
- Fekete S, Bokori J (1985) The effect of the fiber and protein level of the ration upon the caecotrophy of rabbit. *Journal of Applied Rabbit Research* 8:68-71
- Fitzsimons JT (1972) Thirst. *Physiological Reviews* 52:468-561.
- Foubert C, Duperray J, Boisot P, Guyonvarch IA (2008) Effect of feed restriction with or without free access to drinking water on performance of growing rabbits in healthy or epizootic rabbit enteropathy conditions. In: Xiccato G, Trocino A, Lukefahr SD (eds) 9th World Rabbit Congress, Verona (Italy), p 207.
- Fritz J (2009) Harnsteine. In: Dillitzer N (ed) Ernährungsberatung in der Kleintierpraxis, 1st edn. Elsevier GmbH, München.
- Gidenne T, Lebas F (2005) Le comportement alimentaire du lapin. In: 11èmes Journées de la Recherche Cunicole, Paris, pp 183-196.
- Gidenne T, Lebas F (2006) Feeding behaviour in rabbits. In: Bels V (ed) Feeding in Domestic Vertebrates From Structure to Behaviour. CABI Publishing, Oxfordshire UK.

- Grauer GF (2009) Part five urinary tract disorders. In: Nelson RW, Guillermo Couto C (eds) Small animal internal medicine. Mosby Elsevier, St. Louis, Missouri.
- Green B, Dunsmore JD (1978) Turnover of tritiated water and ²²sodium in captive rabbits (*Oryctolagus cuniculus*). Journal of Mammalogy 59:12-17.
- Gualterio L, González-Redondo P, Negretti P, Finzi A (2008) Rationing of drinking water supply in relationship with growth and sanitary performances of growing rabbits. In: 9th World Rabbit Congress, Verona, Italy, p 208.
- Gutman Y, Krausz M (1969) Regulation of food and water intake in rats as related to plasma osmolality and volume. Physiology and Behavior 4:311-313.
- Hansen LT, Berthelsen H (2003) The effect of environmental enrichment on the behaviour of caged rabbits (*Oryctolagus cuniculus*). Applied Animal Behaviour Science 28:163-178.
- Harcourt-Brown FM (1996) Calcium deficiency, diet and dental disease in pet rabbits. The Veterinary Record 139:567-571.
- Harkness JE, Wagner JE (1995) The biology and medicine of rabbits and rodents, 4th edn. Williams&Wilkins, München.
- Henaff R, Perrier G (1979) Growth and feed intake according to age studied in a strain of rabbits. In: Deuxièmes journées de la recherche cunicole en France, Toulouse, p 133.
- Hollmann P (1997) Kleinsäuger als Heimtiere. In: Sambras HH, Steiger A (eds) Das Buch vom Tierschutz. Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart.
- Houldcroft E et al. (2008) Welfare implications of nipple drinkers for broiler chickens. Animal Welfare 17:1-10.
- Hoy ST (2008) Guidelines for minimum standards on rabbit housing in Germany. In: Xiccato G, Trocino A, Lukefahr SD (eds) 9th World Rabbit Congress, Verona (Italy), p 345.
- Huang K-C (1955) Effect of salt depletion and fasting on water exchange in the rabbit. American Journal of Physiology 181:609-615.
- Igbokwe IO (1997) The effects of water deprivation in livestock ruminants: an overview. Nutritional Abstracts and Reviews. Series B, Livestock feeds and Feeding (United Kingdom) 67:905-914.
- Irlbeck NA (2001) How to feed the rabbit (*Oryctolagus cuniculus*) gastrointestinal tract. Journal of Animal Science 79:343-346.
- Jin LM, Thomson E, Farrell DJ (1990) Effects of temperature and diet on the water and energy metabolism of growing rabbits. Journal of Agricultural Science 115:135-140
- Kamphues J (1991) Calcium metabolism of rabbits as an etiological factor for urolithiasis. Journal of Nutrition 121:95-96.
- Kamphues J (1999) Harnsteine bei kleinen Heimtieren. In: Fortbildungsveranstaltung "Praxisrelevante Fragen zur Ernährung kleiner Heimtiere", Tierärztliche Hochschule, Institut für Tierernährung, Hannover, pp 99-104.
- Kamphues J (2000) Zum Wasserbedarf von Nutz- und Liebhabertieren. Deutsche tierärztliche Wochenschrift 107:297-302.
- Kamphues J, Carstensen P, Schroeder D, Meyer H, Schoon H-A, Rosenbruch M (1986) Effekte einer steigenden Calcium- und Vitamin D-Zufuhr auf den Calciumstoffwechsel von Kaninchen. Zeitschrift für Tierphysiologie, Tierernährung und Futtermittelkunde 56:191-208.
- Kamphues J et al. (2009) Supplemente zu Vorlesungen und Übungen in der Tierernährung, 11th edn. M. & H. Schaper GmbH, Hannover.
- Kamphues J, Schulz I (2002) Praxisrelevante Aspekte der Wasserversorgung von Nutz- und Liebhabertieren. Übersichten zur Tierernährung 30:65-107.

- Kane E, Rogers QR, Morris JG (1981) Feeding behavior of the cat fed laboratory and commercial diets. *Nutrition Research* 1:499-507.
- Kutscher CL (1969) Species differences in the interaction of feeding and drinking. *Annales of the New York Academy of Sciences* 157:539-552.
- Langenecker M, Clauss M, Hatt J-M (2009) Vergleichende Untersuchung zur Krankheitsverteilung bei Kaninchen, Meerschweinchen, Ratten und Frettchen. *Tierärztliche Praxis Kleintiere* 5:326-333.
- Lebas F, Delaveau A (1975) Influence de la restriction du temps d'accès à la boisson sur la consommation alimentaire et la croissance du lapin. *Annales zootechniques* 24:311-313.
- Lowe JA (1998) Pet rabbit feeding and nutrition. In: de Blas C, Wiseman J (eds) *The Nutrition of the Rabbit*. CABI Publishing CAB INTERNATIONAL, Oxon.
- Maertens L, Villamide MJ (1998) Feeding systems for intensive production. In: de Blas C, Wiseman J (eds) *The Nutrition of the Rabbit*. CABI Publishing CAB INTERNATIONAL, Oxon.
- Marai IFM, Habeeb AAM, Gad AE (2005) Tolerance of imported rabbits grown as meat animals to hot climate and saline drinking water in the subtropical environment of Egypt. *Animal Science* 81:115-123.
- Mason GJ (1991) Stereotypies: a critical review. *Animal Behaviour* 41:1015-1037
- Meredith A (2006) Section four dermatology of mammals. In: Paterson S (ed) *Skin diseases of exotic pets*. Blackwell Science Ltd, Oxford.
- Morgenegg R (2000) Artgerechte Haltung - ein Grundrecht auch für (Zwerg)-Kaninchen. Kik-Verlag, Berg am Irchel.
- Mullan SM, Main DCJ (2006) Survey of the husbandry, health and welfare of 102 pet rabbits. *The Veterinary Record* 159:103-109.
- Perez J-M et al. (2000) Replacement of digestible fibre by starch in the diet of the growing rabbit. II. Effects on performances and mortality by diarrhoea. *Ann. Zootech.* 49:369-377.
- Petrie A, Watson P (2006) *Statistics for veterinary and animal science*. Blackwell Publishing, Oxford.
- Pfeiffer A, Henkel H (1991) The effect of different dietary protein levels on water intake and water excretion of growing pigs. In: 5th International Symposium on Digestive Physiology in Pigs, pp 126-131.
- Podberscek AL, Blackshaw JK, Beattie AW (1991) The behaviour of group penned and individually caged laboratory rabbits. *Applied Animal Behaviour Science* 28:353-363
- Pond WG, Church DC, Pond KR, Schoknecht PA (2005) *Basic animal nutrition and feeding*, 5th edn. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken.
- Potter MP, Borkowski GL (1998) Apparent psychogenic polydipsia and secondary polyuria in laboratory-housed New Zealand White rabbits. *Contemporary Topics (American Association for Laboratory Animal Science)* 37:87-89.
- Prud'hon M (1976) Comportement alimentaire du lapin soumis aux températures de 10, 20 et 30°C. In: 1er Congrès International Cunicole, Dijon (France), pp 56-58.
- Prud'hon M, Carles Y, Goussopoulos J, Koehl PF (1972) Enregistrement graphique des consommations d'aliments solide et liquide du lapin domestique nourri ad libitum. *Annales zootechniques* 21:451-460.
- Prud'hon M, Chérubin M, Carles Y, Goussopoulos J (1975a) Effets de différents niveaux de restriction hydrique sur l'ingestion d'aliments solides par le lapin. *Annales zootechniques* 24:299-310.

- Prud'hon M, Chérubin M, Goussopoulos J, Carles Y (1975b) Evolution, au cours de la croissance, des caractéristiques de la consommation d'aliments solide et liquide du lapin domestique nourri *ad libitum*. Annales zootechniques 24:289-298.
- Quesenberry KE, Carpenter JW (2004) Ferrets, rabbits, and rodents clinical medicine and surgery, 2nd edn. Saunders, St. Louis.
- Rees Davies R, Rees Davies JAE (2003) Rabbit gastrointestinal physiology. Veterinary Clinics of North America: Exotic Animal Practice 6:139-153.
- Reyne Y, Prud'hon M, Angevain J (1979) Influence of a reduced length of lighting on the feeding behaviour of fattening rabbits. In: Deuxièmes journées de la recherche cunicole en France, Toulouse, p 130.
- Ritskes-Hoitinga J, Grooten HN, Wienk KJ, Peters M, Lemmens AG, Beynen AC (2004) Lowering dietary phosphorus concentrations reduces kidney calcification, but does not adversely affect growth, mineral metabolism, and bone development in growing rabbits. British Journal of Nutrition 91:367-376.
- Rosengarten A (2004) Untersuchungen zur kurzfristigen Ernährung von Kaninchen und Meerschweinchen über eine orogastrale Sonde bei Variation der Zusammensetzung (Komponenten, Nährstoffgehalt und Energiedichte) des applizierten Futters. Dissertation: Tierärztliche Hochschule Hannover.
- Schall H (2008) Kaninchen. In: Gabrisch K, Zwart P, Fehr M, Sassenburg L (eds) Krankheiten der Heimtiere, 7th edn. Schlütersche Verlagsgesellschaft mbH&Co., Hannover.
- Scheelje R, Niehaus H, Werner K, Krüger A (1975) Kaninchenmast: Zucht und Haltung der Fleischkaninchen, 2nd edn. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- Schepers F, Koene P, Beerda B (2009) Welfare assessment in pet rabbits. Animal Welfare 18:477-485.
- Schröder A (2000) Vergleichende Untersuchungen zur Futteraufnahme von Zwergkaninchen, Meerschweinchen und Chinchilla bei Angebot unterschiedlich konfektionierter Einzel- und Mischfuttermittel. Dissertation: Institut für Tierernährung Tierärztliche Hochschule Hannover.
- Schwabe K (1995) Futter- und Wasseraufnahme von Heimtieren verschiedener Spezies (Kaninchen, Meerschweinchen, Chinchilla, Hamster) bei unterschiedlicher Art des Wasserangebots (Tränke vs. Saftfutter). Dissertation: Institut für Tierernährung Tierärztliche Hochschule Hannover.
- Stevenson AE, Hynds WK, Markwell PJ (2003) Effect of dietary moisture and sodium content on urine composition and calcium oxalate relative supersaturation in healthy miniature schnauzers and labrador retrievers. Research in Veterinary Science 74:145-151.
- Tetens M (2007) Intensive Kaninchenhaltung in Deutschland. Dissertation: Institut für Tierhygiene, Tierschutz und Nutztierethologie Tierärztliche Hochschule Hannover.
- Tierschutz-Kontrollhandbuch. (2008) Baulicher und qualitativer Tierschutz, Kaninchen, Version 1.0 vom 1. November 2008, Schweizerische Eidgenossenschaft.
- Tierschutzgesetz. (2005) vom 16. Dezember (Stand am 1. September 2008), Schweizerische Eidgenossenschaft.
- Tierschutzverordnung. (2008) vom 23. April (Stand 1. September 2008), Schweizerische Eidgenossenschaft.
- Toth LA, Gardiner TW (2000) Food and water restriction protocols: physiological and behavioral considerations. Contemporary Topics (American Association for Laboratory Animal Science) 39:9-17.

- Tschudin A, Clauss M, Codron D, Hatt J-M (2010a) Preference of rabbits (*Oryctolagus cuniculus*) for open dish vs. nipple drinkers. The Veterinary Record (in press).
- Tschudin A, Clauss M, Hatt J-M (2010b) Umfrage zur Fütterung und Tränke von Kaninchen (*Oryctolagus cuniculi*) in der Schweiz 2008/2009. Schweizer Archiv für Tierheilkunde (in press).
- van Zutphen LFM, Baumans V, Beynen AC (1995) Grundlagen der Versuchstierkunde. Gustav Fischer, Stuttgart.
- Verdelhan S, Bourdillon A, Morel-saives A (2004) Effect of a limited access to water on water consumption, feed intake and growth of fattening rabbits. In: 8th World Rabbit Congress, Puebla, Mexico, pp 1015-1021.
- Wayner MJ (1974) Theoretical review specificity of behavioral regulation. Physiology and Behavior 12:851-869.
- Wenger AK (1997) Vergleichende Untersuchungen zur Aufnahme und Verdaulichkeit verschiedener rohfaserreichen Rationen und Futtermittel bei Zwergkaninchen, Meerschweinchen und Chinchilla. Dissertation: Institut für Tierernährung Tierärztliche Hochschule Hannover.
- Winkelmann J (2006) Kaninchenkrankheiten, 2nd edn. Eugen Ulmer KG, Stuttgart (Hohenheim).
- Wolf P, Bucher L, Kamphues J (1999) Die Futter-, Energie- und Wasseraufnahme von Zwergkaninchen unter praxisüblichen Fütterungsbedingungen. Kleintierpraxis 44:263-280.
- Wolf P, Bucher L, Zumbrock B, Kamphues J (2008) Zur Wasseraufnahme bei Kleinsäufern und deren Bedeutung für die Heimtierhaltung. Kleintierpraxis 53:217-223.
- Zumbrock B (2002) Untersuchungen zu möglichen Einflüssen der Rasse auf die Futteraufnahme und -verdaulichkeit, Grösse und Füllung des Magen-Darm-Traktes sowie zur Chymusqualität bei Kaninchen (Deutsche Riesen, Neuseeländer und Zwergkaninchen). Dissertation: Institut für Tierernährung Tierärztliche Hochschule Hannover.

10 Tabellenanhang

10.1 Futteranalyse

Die fünf verwendeten Futtermittel wurden auf ihre Zusammensetzung hin untersucht und mit den Herstellerangaben oder Referenzwerten aus der Literatur verglichen (Tabelle 28). Grössere Abweichungen von den Referenzwerten wies vorwiegend die frische Petersilie auf.

Tabelle 28. Angaben zur Zusammensetzung der verwendeten Futtermittel im Vergleich zu Herstellerangaben, bzw. auf TS umgerechnete Referenzwerte aus Kamphues *et al.* 2009.

Parameter	Einheit	Heu		frische Petersilie		Healthy Rabbit Pro		Pelletfutter (Labor)		Körnermischung	
		eigene Messung	Kamphues	eigene Messung	Kamphues	eigene Messung	Hersteller	eigene Messung	Hersteller	eigene Messung	Hersteller
Verdauliche Energie	MJ/kg uS	-	5.42	-	1.88	-	oA	-	9.8	-	10.2
Trockensubstanz	% uS	85.20	86.00	11.38	18.10	88.40	oA	89.95	89.00	89.40	87.50
Rohasche	% TS	10.09	oA	15.26	oA	8.72	8.40	7.25	8.31	7.22	oA
Rohprotein	% TS	12.00	13.72	18.42	24.31	11.63	12.00	15.89	15.17	11.25	11.43
Rohfett	%TS	2.00	2.67	2.06	1.66	2.41	2.00	3.36	3.93	4.08	4.57
Rohfaser	%TS	25.66	31.05	12.53	23.76	27.29	28.00	16.95	18.65	10.51	11.43
N freie Extraktstoffe	%TS	50.25	oA	51.73	oA	49.95	oA	56.55	53.93	66.94	oA
ADF	%TS	29.96	oA	20.23	oA	32.67	oA	22.86	oA	14.43	oA
NDF	%TS	59.67	oA	23.10	oA	55.93	oA	38.14	oA	35.30	oA
ADL	%TS	3.28	oA	2.89	oA	6.03	oA	6.46	oA	3.78	oA
Natrium	% TS	0.03	0.07	0.33	0.18	0.30	oA	0.44	0.35	0.30	oA
Kalium	%TS	2.27	oA	5.04	oA	1.59	oA	0.88	1.01	0.78	oA
Calcium	%TS	0.73	0.74	1.00	1.35	0.50	0.60	0.56	0.90	1.04	oA
Phosphor	%TS	0.20	0.27	0.28	0.71	0.21	0.40	0.34	0.61	0.41	oA
Ca:P		3.65	2.78	3.57	1.91	2.38	1.50	1.65	1.48	2.54	oA
Magnesium	%TS	0.10	oA	0.09	oA	0.08	oA	0.08	0.20	0.06	oA

11 Abbildungsanhang

Dissertation

Anja Tschudin
Klinik für Zoo-, Heim- und Wildtiere

Untersuchungsprotokoll

Signalement:

Kaninchen-Nr: _____ **Gewicht:** _____

Geschlecht: ☐ männlich ☐ männlich kastriert ☐ weiblich ☐ weiblich kastriert

Rasse/Aussehen/Farbe: _____

Untersuchung:

Allgemeinzustand: ☐ o.b.B. ☐ _____

Verhalten: ☐ o.b.B. ☐ _____

Nährzustand: ☐ o.b.B. ☐ _____

Fell/Haut: ☐ o.b.B. ☐ _____

Lymphknoten: ☐ o.b.B. ☐ _____

Augen: ☐ o.b.B. ☐ _____

Nase: ☐ o.b.B. ☐ _____

Ohren: ☐ o.b.B. ☐ _____

Maul/Zähne: ☐ o.b.B. ☐ _____

Lunge/Herz: ☐ o.b.B. ☐ _____

Abdomen: ☐ o.b.B. ☐ _____

Harn/Geschl.öffn. ☐ o.b.B. ☐ _____

Anus: ☐ o.b.B. ☐ _____

Bewegungsapparat ☐ o.b.B. ☐ _____

Sonstiges: _____

Bemerkungen/Diagnose: _____

Datum: _____ **Unterschrift:** _____

Abbildung 40. Untersuchungsprotokoll.

Ultraschall-Protokoll

Kaninchen:

Nr: _____ Farbe: _____

Untersuchung:

Harnblase:

Füllung: ☐ leer ☐ wenig gefüllt ☐ stark gefüllt

Maximale Höhe: _____ cm

Inhalt: ☐ normal ☐ _____

Grieß: ☐ nein ☐ + ☐ ++ ☐ +++

Blasenwand: ☐ normal ☐ verdickt ☐ _____

Urolithen: ☐ nein ☐ ja: _____

Besonderes: _____

Urethra:

Urolithen: ☐ nein ☐ ja: _____

Besonderes: _____

Ureteren:

Urolithen: ☐ nein ☐ ja: _____

Besonderes: _____

Nieren:

links:

Grösse: ☐ in der Norm ☐ zu klein: _____ ☐ zu gross: _____

Form: ☐ in der Norm ☐ abnorm: _____

Nierenbecken: ☐ in der Norm ☐ verändert: _____

Nierenrinde: ☐ in der Norm ☐ verändert: _____

Verkalkungen: ☐ nein ☐ ja: _____

Besonderes: _____

rechts:

Grösse: ☐ in der Norm ☐ zu klein: _____ ☐ zu gross: _____

Form: ☐ in der Norm ☐ abnorm: _____

Nierenbecken: ☐ in der Norm ☐ verändert: _____

Nierenrinde: ☐ in der Norm ☐ verändert: _____

Verkalkungen: ☐ nein ☐ ja: _____

Besonderes: _____

Bemerkungen/Diagnose: _____

Datum: _____ **Unterschrift:** _____

Abbildung 41. Ultraschallprotokoll.

Protokoll - aKaninchen: Futter 1: Phase: Futter 2: Futter 3:

Tag	Datum	Zeit	Futter					
			1 Total	1 Reste	2 Total	2 Reste	3 Total	3 Reste
[Nr.]			[g]	[g]	[g]	[g]	[g]	[g]
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								

Bemerkungen

Abbildung 42. Futterprotokoll.

Protokoll - bKaninchen: Tränke Phase:

Tag	Datum	Zeit	Wasser		Verschüttet		Verschmutzt			Bemerkungen
			Total	Reste	ja, wieviel?	nein	nein	wenig	stark	
[Nr.]			[g]	[g]						
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										
11										
12										
13										
14										
15										

Bemerkungen

Abbildung 43. Tränkeprotokoll.

Protokoll - cKaninchen: Phase:

Tag	Datum	Zeit	Urin		Kot	Caecotrophe	Verhalten Zustand	Gewicht
			Volumen	Gewicht	Gewicht	Gewicht		
[Nr.]			[ml]	[g]	[g]	[g]	+/Text	[g]
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								

Bemerkungen

Abbildung 44. Protokoll zu Allgemeinzustand, Kot- und Harnabsatz.

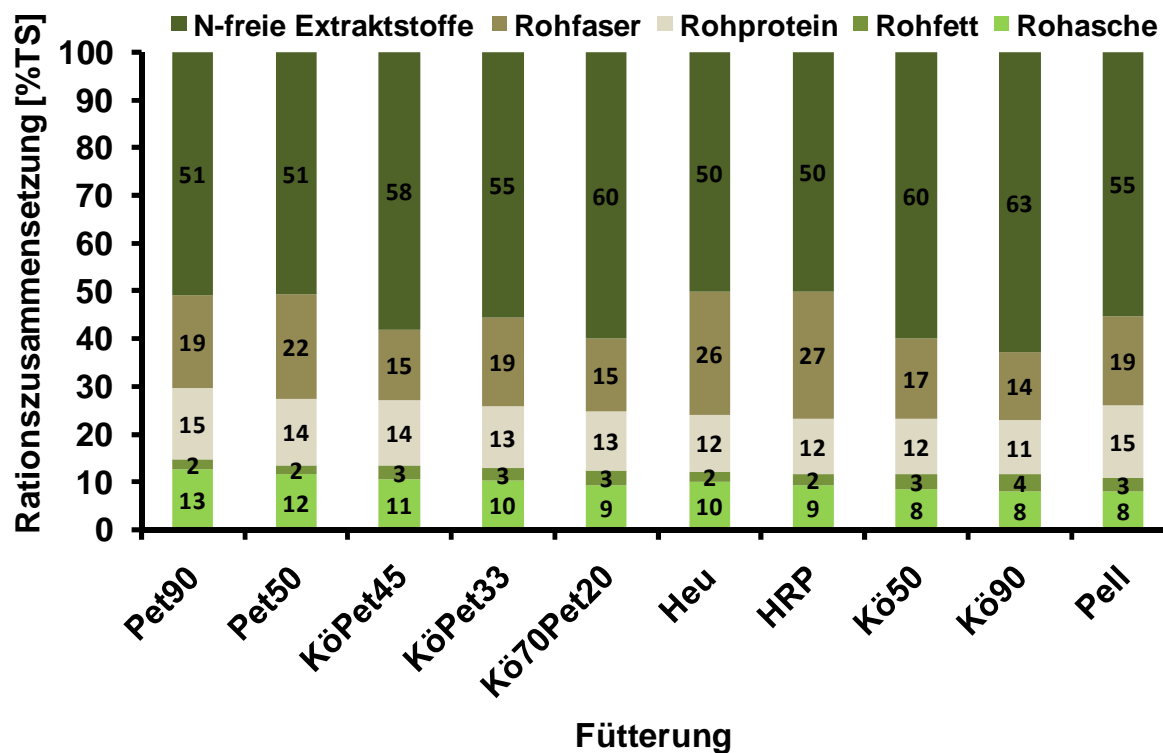


Abbildung 45. Durchschnittliche Zusammensetzung der verschiedenen Rationen (%TS), Mittelwerte aus je 6 Kaninchen über 26 d. Die tatsächlich aufgenommene Ration war für jedes Tier unterschiedlich, da Heu *ad libitum* zur Verfügung stand. Eine durchschnittliche Rationszusammensetzung bezogen auf die Trockensubstanz wurde daher als Mittelwerte aus je 6 Tieren über 26 d errechnet. Aufgrund der Rundung können gewisse Summen mehr als 100 ergeben.

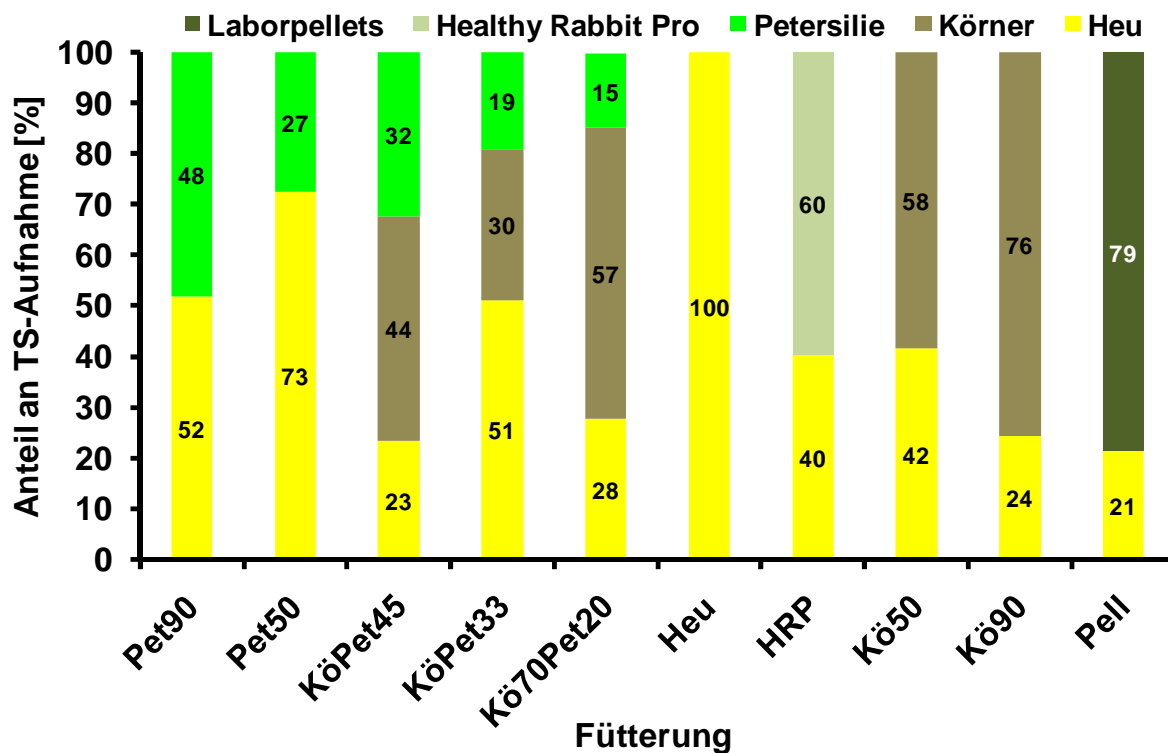


Abbildung 46. Durchschnittlicher Anteil der einzelnen Futtermittel an der Gesamtration als % der TS-Aufnahme. Die tatsächlich aufgenommene Ration war für jedes Tier unterschiedlich, da Heu *ad libitum* zur Verfügung stand. Eine durchschnittliche Rationszusammensetzung bezogen auf die Trockensubstanz wurde daher als Mittelwerte aus je 6 Tieren über 26 d errechnet.

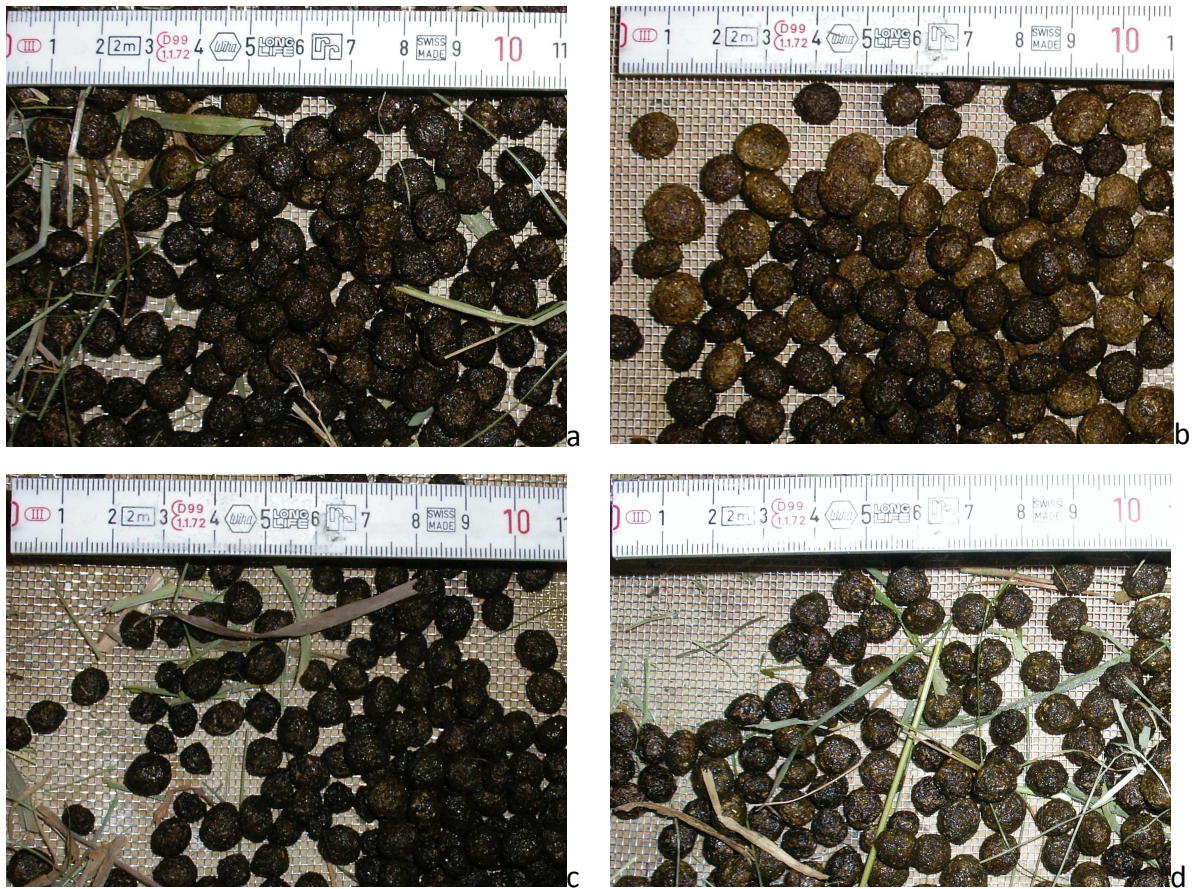


Abbildung 47. Kot von Kaninchen 4 bei verschiedenen Fütterungen: Heu (a), HRP (b), Pet90 (c) und KöPet33(d). Makroskopisch liessen sich gewisse Unterschiede in der Kotbeschaffenheit feststellen je nach Fütterung. So führte eine Fütterung mit HRP zu grossen, hellen (gemischt mit dunklen) Kotballen, während bei steigendem Petersiliegehalt in der Fütterung der Kot dunkler und kleiner wurde und auch weniger abgerundet. Dies war besonders auffällig bei Tieren, die dazu keine grösseren Heumengen aufnehmen.

12 Danksagung

An dieser Stelle möchte ich allen danken, die das Projekt in irgendeiner Weise unterstützt haben. Mein besonderer Dank gilt:

Prof. Dr. Jean-Michel Hatt für das Überlassen des Themas, die freundliche Betreuung und die Übernahme des Referats

Prof. Dr. Richard Hoop für die Durchsicht und die Übernahme des Korreferats

PD Dr. Marcus Clauss für die fachkundige, tatkräftige und geduldige Unterstützung bei der Versuchsplanung, -durchführung und bei der Durchsicht dieser Arbeit

Prof. Dr. Dr. h.c. Marcel Wanner, PD Dr. Annette Liesegang und Dr. Brigitta Wichert für das Ermöglichen der Analytik im Institut für Tierernährung der Universität Zürich

Prof. Dr. Michael Kreuzer und Carmen Kunz für das Ermöglichen der Probenaufbereitung am Institut für Nutztierwissenschaft der ETH Zürich

Dr. Daryl Codron für seine zahlreichen statistischen Beratungen und die Durchführung der RM ANOVA

Dem ganzen Team der Klinik für Zoo-, Heim- und Wildtiere für die Hilfe mit dem Versuch, die nette Zusammenarbeit und das offene Ohr für alle Anliegen, speziell Jessica Gull fürs Korrekturlesen und Nina Zimmermann und Mirella Pirovino für die grossartige Unterstützung

Dem Team des Instituts für Tierernährung der Universität Zürich für die freundliche Zusammenarbeit, insbesondere Barbara Schneider und Ines Mittner für die geduldige Einführung in die Laborarbeit und die zahlreichen Mineralstoffanalysen

Dr. Francesca del Chicca für die Ultraschalluntersuchungen der Kaninchen

Dr. Barbara Riond und dem Team des Veterinärmedizinischen Labors für die Blutanalysen

Beat Grenacher für das Ausleihen von Labormaterialien

Lukas Sprenger und dem Team des Hausdiensts vom Tierspital Zürich für die tatkräftige und spontane Unterstützung bei allen technischen Fragen

Hanspeter Renfer von der Landwirtschaftlichen Schule Strickhof, sowie allen anderen Mitarbeitern, die beim Bau der Anlage, der Materialbesorgung oder freundlichen Ratschlägen zur Durchführung des Versuchs beigetragen haben

DVM David Szabo und Dr. med. vet. Isabel Lechner für ihre wertvolle Hilfe beim Blutnehmen und die Entlastung bei der Versuchsdurchführung

Priska Küng für das flexible Zurverfügungstellen der Versuchstiere

Der Firma Reust für das Entgegenkommen mit den Petersilielieferungen

Krisztina Gause und Christian Olbrecht, sowie Sybille Grolimund für die Hilfe bei der Versuchsdurchführung

Sandro Tonazzi für seine Geduld, seine Hilfe beim Versuch und bei der Durchsicht dieser Arbeit

Meiner Familie und meinen Freunden für ihr Verständnis und ihre Unterstützung während der gesamten Doktorarbeit

Diese Studie wurde finanziell vom Bundesamt für Veterinärwesen unterstützt.

Lebenslauf

Name	Anja Tschudin
Geburtsdatum	13. April 1984
Geburtsort	Basel
Nationalität	Schweiz
Heimatort	Sumiswald BE
1990-1995	Primarschule, Sissach
1995-1999	Progymnasium Tannenbrunn, Sissach
1999-2002	Gymnasium, Liestal
2003-2008	Studium der Veterinärmedizin an der Vetsuisse-Fakultät der Universität Bern
2008	Staatsexamen in Veterinärmedizin an der Vetsuisse Fakultät der Universität Bern
2008-2010	Doktorat an der Klinik für Zoo-, Heim- und Wildtiere an der Vetsuisse-Fakultät der Universität Zürich